

(2)

38

Japanese Patent Laid-open No. 2003-209572A

Publication date : July 25, 2003

Applicants : NIPPON TELEGER & TELEPH CORP

Title : Bandwidth allocating device

(57) [Abstract]

[Object] To provide a bandwidth allocating device capable of complying with guaranteed bandwidth allocation for traffic that changes at a burst, suppressing buffer overflow in ONT, suppressing an increase of a round trip time caused by allocation delay, suppressing an unjustifiably small bandwidth allocation to a client that sporadically uses a bandwidth, suppressing generation of an invalid bandwidth, and the like.

[Solution] A bandwidth allocating device that dynamically allocates at least one portion of a shared bandwidth to each line includes: a traffic observing unit 10 that observes a status of use of a bandwidth allocated for each line; a bandwidth-request receiving unit 20 that receives a periodically inputted for each line; a bandwidth predicting unit 30 that predicts an allocation request bandwidth of each line based on at least one of a used bandwidth of each line, detected by the traffic observing unit 10, and the declaring value of the allocation request bandwidth, received by the bandwidth-request receiving unit 20; and a bandwidth allocating unit 40 that allocates a bandwidth equivalent to a prediction result of the bandwidth predicting unit 30 for each line.

[0042] According to claim 29, in the bandwidth allocating device according to claim 1, the bandwidth predicting unit predicts the bandwidth to have an average value of used bandwidths when a currently used bandwidth is within a predetermined deviation from an average of bandwidths used in the past. According to claim 30, in the bandwidth allocating device according to claim 2, when the actual allocated bandwidth allocated by the allocating unit is less than the allocated bandwidth predicted to be allocated by the predicting unit, the predicting unit compares a predicted value using at least one of a value obtained by adding a value equivalent to a difference between the actual allocated bandwidth and the predicted allocated bandwidth to the declaring value received by the request-bandwidth receiving unit, and a value obtained by subtracting the value equivalent to the difference between the actual allocated bandwidth and the predicted allocated bandwidth from the status of use of a line observed by the traffic observing unit, and the predicted value by the first predicting unit, to select the predicted value by the first predicting unit or the predicted value by the second predicting unit.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-209572  
(P2003-209572A)

(43) 公開日 平成15年7月25日 (2003.7.25)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	データ* (参考)
H 0 4 L 12/56	2 0 0	H 0 4 L 12/56	2 0 0 A 5 K 0 3 0
H 0 4 M 3/00		H 0 4 M 3/00	D 5 K 0 5 1

審査請求 未請求 請求項の数46 O L (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2002-61083(P2002-61083)  
(22) 出願日 平成14年3月6日 (2002.3.6)  
(31) 優先権主張番号 特願2001-342439(P2001-342439)  
(32) 優先日 平成13年11月7日 (2001.11.7)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004226  
日本電信電話株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号  
(72) 発明者 吉野 學  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 i  
本電信電話株式会社内  
(72) 発明者 吉原 慎一  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 ii  
本電信電話株式会社内  
(74) 代理人 100072718  
弁理士 古谷 史旺

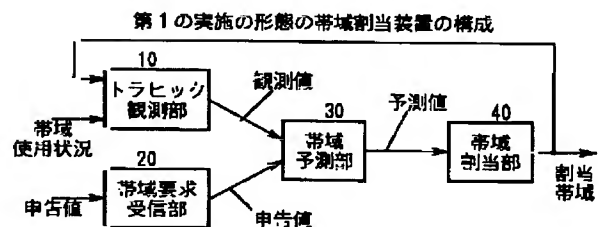
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 帯域割当装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明はバースト的に変化するトラヒックに対する保証帯域割当の遵守、ONTでのバッファ溢れの抑止、割当遅延によるラウンドトリップタイムの増加の抑止、散発的に帯域を利用する顧客に対する不当に少ない帯域割当の抑止、無効帯域発生への抑制などが可能な帯域割当装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 共用帯域の少なくとも一部分を各回線に動的に割り当てる帯域割当装置において、回線毎に割り当てられた帯域の使用状況を観測するトラヒック観測手段10と、回線毎に周期的に入力される割当要求帯域の申告値を受信する帯域要求受信手段20と、トラヒック観測手段10の検出した各回線の使用帯域及び帯域要求受信手段20の受信した割当要求帯域の申告値の少なくとも一方に基づいて各回線の割当要求帯域を予測する帯域予測手段30と、帯域予測手段30の予測結果に相当する帯域を回線毎に割り当てる帯域割当手段40とを設けた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の回線の間で共用される共用帯域の少なくとも一部分を各回線に動的に割り当てる帯域割当装置において、

回線毎に割り当てられた帯域の使用状況を観測するトラヒック観測手段と、

回線毎に入力される割当要求帯域の申告値を受信する帯域要求受信手段と、

前記トラヒック観測手段の検出した各回線の使用帯域及び前記帯域要求受信手段の受信した割当要求帯域の申告値の少なくとも一方に基づいて、各回線の割当要求帯域を予測する帯域予測手段と、

前記帯域予測手段の予測結果に相当する帯域を回線毎に割り当てる帯域割当手段とを設けたことを特徴とする帯域割当装置。

【請求項2】 請求項1の帯域割当装置において、前記帯域予測手段に、

線形予測を行う第1の予測手段と、

非線形の予測を行う第2の予測手段と、

割り当てた帯域が全て利用された割合を回線毎に過去の観測値の履歴に基づいて求め第1の閾値と比較する使用帯域識別手段と、

入力される帯域の申告値及び割り当てられた帯域の使用状況の少なくとも一方の履歴に基づき、前記申告値が前記第1の予測手段の予測値を超過した割合を回線毎に求め第2の閾値と比較する超過識別手段と、

前記使用帯域識別手段の識別結果及び前記超過識別手段の識別結果に基づいて、前記第1の予測手段の予測値と前記第2の予測手段の予測値とのいずれか一方を選択する選択手段とを更に設けたことを特徴とする帯域割当装置。

【請求項3】 請求項2の帯域割当装置において、前記選択手段は、予測を開始してから所定期間もしくは所定回数が経過するまでの間は、前記使用帯域識別手段及び超過識別手段の識別結果とは無関係に前記第2の予測手段の予測値を選択することを特徴とする帯域割当装置。

【請求項4】 請求項2又は請求項3の帯域割当装置において、前記第2の予測手段は、回線の保証帯域、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び前記第1の予測手段の予測値の中の最大値を予測値として選択し出力することを特徴とする帯域割当装置。

【請求項5】 請求項2又は請求項3の帯域割当装置において、

以前に予測された先行予測値を回線の保証帯域の閾値と比較する保証帯域識別手段を更に設けるとともに、

前記第2の予測手段は、

前記先行予測値が回線の保証帯域以下である場合には、回線の保証帯域、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び前記第1の予測手段の予測値の中の最大値を予測値として選択し、

前記先行予測値が回線の保証帯域を超える場合には、使用可能な共用帯域を全回線数もしくは全回線の保証帯域比で除した結果、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び前記第1の予測手段の予測値の中の最大値を予測値として選択することを特徴とする帯域割当装置。

【請求項6】 請求項2又は請求項3の帯域割当装置において、前記第1の予測手段は、過去の少なくとも2つの時点で観測された使用帯域もしくは割当要求帯域の申告値に所定の係数を乗じた値の和又は差を現在の割当要求帯域として予測することを特徴とする帯域割当装置。

【請求項7】 請求項2又は請求項3の帯域割当装置において、前記第1の予測手段は、過去の少なくとも2つの時点で観測された使用帯域もしくは申告された割当要求帯域に線形比例する値と、前回申告された割当要求帯域に係数を乗じた値又は前回申告帯域の前々回申告帯域に対する増加帯域に係数を乗じた値とを加算した結果を現在の予測値として用いることを特徴とする帯域割当装置。

【請求項8】 請求項7の帯域割当装置において、申告値がONTで送出されてから当該申告値がOLTでの帯域割当に反映されるまでの所要時間に相当する制御周期の数を前記係数として適用することを特徴とする帯域割当装置。

【請求項9】 複数の回線の間で共用される共用帯域の少なくとも一部分を各回線に動的に割り当てる帯域割当方法において、回線毎に割り当てられた帯域の使用状況を観測するトラヒック観測手順と、

回線毎に入力される割当要求帯域の申告値を受信する帯域要求受信手順と、

検出した各回線の使用帯域及び受信した割当要求帯域の申告値の少なくとも一方に基づいて、各回線の割当要求帯域を予測する帯域予測手順と、

前記帯域予測手順の予測結果に相当する帯域を回線毎に割り当てる帯域割当手順とを実行することを特徴とする帯域割当方法。

【請求項10】 請求項9の帯域割当方法において、前記帯域予測手順として、

線形予測を行う第1の予測手順と、

非線形の予測を行う第2の予測手順と、

割り当てた帯域が全て利用された割合を回線毎に過去の観測値の履歴に基づいて求め第1の閾値と比較する使用帯域識別手順と、

入力される帯域の申告値及び割り当てられた帯域の使用状況の少なくとも一方の履歴に基づき、前記申告値が前記第1の予測手順の予測値を超過した割合を回線毎に求め第2の閾値と比較する超過識別手順と、

前記使用帯域識別手順の識別結果及び前記超過識別手順の識別結果に基づいて、前記第1の予測手順の予測値と前記第2の予測手順の予測値とのいずれか一方を選択する選択手順とを更に実行することを特徴とする帯域割当

方法。

【請求項 11】 請求項 10 の帯域割当方法において、前記選択手順では、予測を開始してから所定期間もしくは所定回数経過するまでの間は、前記使用帯域識別手順及び超過識別手順の識別結果とは無関係に前記第 2 の予測手順の予測値を選択することを特徴とする帯域割当方法。

【請求項 12】 請求項 10 又は請求項 11 の帯域割当方法において、前記第 2 の予測手順では、回線の保証帯域、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び前記第 1 の予測手順の予測値の中の最大値を予測値として選択し出力することを特徴とする帯域割当方法。

【請求項 13】 請求項 10 又は請求項 11 の帯域割当方法において、以前に予測された先行予測値を回線の保証帯域の閾値と比較する保証帯域識別手順を更に実行するとともに、

前記第 2 の予測手順では、

前記先行予測値が回線の保証帯域以下である場合には、回線の保証帯域、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び前記第 1 の予測手段の予測値の中の最大値を予測値として選択し、

前記先行予測値が回線の保証帯域を超える場合には、使用可能な共用帯域を全回線数もしくは全回線の保証帯域比で除した結果、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び前記第 1 の予測手段の予測値の中の最大値を予測値として選択することを特徴とする帯域割当方法。

【請求項 14】 請求項 10 又は請求項 11 の帯域割当方法において、前記第 1 の予測手順では、過去の少なくとも 2 つの時点で観測された使用帯域もしくは割当要求帯域の申告値に所定の係数を乗じた値の和又は差を現在の割当要求帯域として予測することを特徴とする帯域割当方法。

【請求項 15】 請求項 10 又は請求項 11 の帯域割当方法において、前記第 1 の予測手順では、過去の少なくとも 2 つの時点で観測された使用帯域もしくは申告された割当要求帯域に線形比例する値と、前回申告された割当要求帯域に係数を乗じた値又は前回申告帯域の前々回申告帯域に対する増加帯域に係数を乗じた値とを加算した結果を現在の予測値として用いることを特徴とする帯域割当方法。

【請求項 16】 請求項 15 の帯域割当方法において、申告値が ONT で送出されてから当該申告値が OLT での帯域割当に反映されるまでの所要時間に相当する制御周期の数を前記係数として適用することを特徴とする帯域割当方法。

【請求項 17】 請求項 1 の帯域割当装置において、前記帯域予測手段は、前記トラヒック観測手段が観測する回線の観測期間に対して前記帯域割当手段の帯域割当があるか否かを識別し、帯域割当が無い場合には、該当する回線の帯域の使用状況が 0 以外であるとみなして予

測を行うことを特徴とする帯域割当装置。

【請求項 18】 請求項 9 の帯域割当方法において、前記帯域予測手順では、前記トラヒック観測手順で観測される回線の観測期間に対して前記帯域割当手順の帯域割当があるか否かを識別し、帯域割当が無い場合には、該当する回線の帯域の使用状況が 0 以外であるとみなして予測を行うことを特徴とする帯域割当方法。

【請求項 19】 請求項 1 の帯域割当装置において、前記トラヒック観測手段は、観測した回線に対する前記帯域割当手段の帯域割当が 0 である間は、それ以前に観測された帯域の使用状況に基づいて 0 以外の観測値を出力することを特徴とする帯域割当装置。

【請求項 20】 請求項 9 の帯域割当方法において、前記トラヒック観測手順では、観測した回線に対する前記帯域割当手段の帯域割当が 0 である間は、それ以前に観測された帯域の使用状況に基づいて 0 以外の観測値を出力することを特徴とする帯域割当方法。

【請求項 21】 請求項 1 の帯域割当装置において、前記帯域割当手段は、割当要求帯域の増加を検出するための期間に、前記予測結果に相当する帯域に加えて 1 セル以上の帯域を割り当てるか、もしくは、前記予測結果に相当する帯域に 1 セル以上の帯域を加えた結果と当該回線の保証帯域とのいずれか小さい方の帯域を選択的に割り当てることを特徴とする帯域割当装置。

【請求項 22】 請求項 1 の帯域割当装置において、前記帯域予測手段は、前記帯域割当手段による実割当帯域が回線に割り当てるべき帯域として予測した予測帯域に満たない場合には、前記予測帯域から前記実割当帯域を差し引いた帯域に相当する情報量がキューとして被割当装置内のバッファに滞留しているとみなし、回線が使用する帯域から前記実割当帯域と前記予測帯域との差に相当する帯域が減少することを予測することを特徴とする帯域割当装置。

【請求項 23】 請求項 1 の帯域割当装置において、前記帯域予測手段は、予測結果の第 1 の予測帯域に所定の帯域予測係数を乗じて割り増した第 2 の予測帯域を出力するとともに、前記第 2 の予測帯域が第 1 の予測帯域と比べて、割当要求帯域の増加を検出するための第 1 の期間あたり 1 セル以上の帯域増加がない場合には、前記第 1 の予測帯域に前記第 1 の期間あたり 1 セルを加えた結果を予測結果として出力することを特徴とする帯域割当装置。

【請求項 24】 請求項 1 の帯域割当装置において、前記帯域予測手段は、帯域の変化を予測するために、過去に観測した使用帯域及び割当帯域の申告値の少なくとも一方に乘じる複数の係数を保持するとともに、前記トラヒック観測手段の観測した帯域の使用率が所定値以上であるか、前記トラヒック観測手段の観測した帯域が増加傾向であ

るか減少傾向であるか、

前記使用帯域の増加傾向及び現在の割当帯域が所定の値を超過しているか否か及び前記申告値が0であるか否かの少なくとも1つの条件を識別した結果に応じて前記複数の係数を選択し予測を行うことを特徴とする帯域割当装置。

【請求項25】 請求項1の帯域割当装置において、前記帯域要求受信手段は回線毎の申告値を申告周期に応じて正規化し、前記トラヒック観測手段は観測値を観測周期もしくは帯域割当周期に応じて正規化し、前記帯域予測手段は正規化された申告値及び観測値に基づいて各回線の割当要求帯域を予測することを特徴とする帯域割当装置。

【請求項26】 請求項2の帯域割当装置において、前記第2の予測手段は、使用可能な共用帯域全体、もしくは使用可能な共用帯域全体を帯域割当要求の予測値が正の回線数で割った帯域、もしくは使用可能な共用帯域全体を帯域要求の予測値が正の回線の保証帯域比、もしくは使用可能な共用帯域全体を全回線の保証帯域比と、現在の割当帯域と、現在の使用帯域と、前記第1の予測手段の予測値との中で最大の値を選択して出力することを特徴とする帯域割当装置。

【請求項27】 請求項5の帯域割当装置において、前記第2の予測手段は、前記先行予測値が0である場合には前記先行予測値が回線の保証帯域を超える場合と同じ予測値を選択することを特徴とする帯域割当装置。

【請求項28】 請求項1の帯域割当装置において、前記帯域予測手段の予測値又は割り増した予測値が回線に許容される最大帯域を超過する場合には、前記予測値を前記最大帯域に置き換えることを特徴とする帯域割当装置。

【請求項29】 請求項1の帯域割当装置において、前記帯域予測手段は、現在の使用帯域が過去の使用帯域の平均から所定の偏差の範囲内にある場合には使用帯域の平均値になるように帯域を予測することを特徴とする帯域割当装置。

【請求項30】 請求項2の帯域割当装置において、前記予測手段は、前記割当手段により割り当てられた実際の割当帯域が、前記予測手段が割り当てべきと予測した割当帯域に満たない場合には、前記実際の割当帯域と前記予測した割当帯域の差に相当する値を前記要求帯域受信手段の受信する申告値に加算した値、及び前記実際の割当帯域と前記予測した割当帯域との差に相当する値を前記トラヒック観測手段の観測する回線の使用状況から差し引いた値の少なくとも一方を用いた予想値と、前記第1の予測手段による予測値とを比較して前記第1の予測手段による予測値と前記第2の予測手段による予測値を選択することを特徴とする帯域割当装置。

【請求項31】 請求項2の帯域割当装置において、前記第1の予測手段は、線形予測手段の用いる線型予測関数として、前回の使用帯域に係数を乗じた値から前々回の使用帯域に係数を乗じた値を差し引いた値に帯域増加係数を乗じた値を用いることを特徴とする帯域割当装置。

【請求項32】 請求項1の帯域割当装置において、前記帯域予測手段は、割当要求帯域に所定の係数を乗じた計算値を割当要求申告する周期あたりのセル数に換算して、被割当装置の有するバッファの長さを超過する場合に、前記計算値を割当要求申告する周期あたりの被割当装置の有するバッファ長で置き換えることを特徴とする帯域割当装置。

【請求項33】 請求項9の帯域割当方法において、前記帯域割当手順では、割当要求帯域の増加を検出するための期間に、前記予測結果に相当する帯域に加えて1セル以上の帯域を割り当てるか、もしくは、前記予測結果に相当する帯域に1セル以上の帯域を加えた結果と当該回線の保証帯域とのいずれか小さい方の帯域を選択的に割り当てることを特徴とする帯域割当方法。

【請求項34】 請求項9の帯域割当方法において、前記帯域予測手順では、前記帯域割当手順による実割当帯域が回線に割り当てべき帯域として予測した予測帯域に満たない場合には、前記予測帯域から前記実割当帯域を差し引いた帯域に相当する情報量がキューとして被割当装置内のバッファに滞留しているとみなし、回線が使用する帯域から前記実割当帯域と前記予測帯域との差に相当する帯域が減少することを予測することを特徴とする帯域割当方法。

【請求項35】 請求項9の帯域割当方法において、前記帯域予測手順では、予測結果の第1の予測帯域に所定の帯域予測係数を乗じて割り増した第2の予測帯域を出力するとともに、前記第2の予測帯域が第1の予測帯域と比べて、割当要求帯域の増加を検出するための第1の期間あたり1セル以上の帯域増加がない場合には、前記第1の予測帯域に前記第1の期間あたり1セルを加えた結果を予測結果として出力することを特徴とする帯域割当方法。

【請求項36】 請求項9の帯域割当方法において、帯域の変化を予測するために、過去に観測した使用帯域及び割当帯域の申告値の少なくとも一方に乘じる複数の係数を保持し、前記帯域予測手順では、前記トラヒック観測手順で観測した帯域の使用率が所定値以上であるか、前記トラヒック観測手順で観測した帯域が増加傾向であるか減少傾向であるか、前記使用帯域の増加傾向及び現在の割当帯域が所定の値を超過しているか否か及び前記申告値が0であるか否かの少なくとも1つの条件を識別した結果に応じて前記複

数の係数を選択し予測を行うことを特徴とする帯域割当方法。

【請求項37】 請求項9の帯域割当方法において、前記帯域要求受信手順では回線毎の申告値を申告周期に応じて正規化し、前記トラヒック観測手順では観測値を観測周期もしくは帯域割当周期に応じて正規化し、前記帯域予測手順では正規化された申告値及び観測値に基づいて各回線の割当要求帯域を予測することを特徴とする帯域割当方法。

【請求項38】 請求項10の帯域割当方法において、前記第2の予測手順では、使用可能な共用帯域全体、もしくは使用可能な共用帯域全体を帯域割当要求の予測値が正の回線数で割った帯域、もしくは使用可能な共用帯域全体を帯域要求の予測値が正の回線の保証帯域比、もしくは使用可能な共用帯域全体を全回線の保証帯域比と、現在の割当帯域と、現在の使用帯域と、前記第1の予測手段の予測値との中で最大の値を選択して出力することを特徴とする帯域割当方法。

【請求項39】 請求項13の帯域割当方法において、前記第2の予測手順では、前記先行予測値が0である場合には前記先行予測値が回線の保証帯域を超える場合と同じ予測値を選択することを特徴とする帯域割当方法。

【請求項40】 請求項9の帯域割当方法において、前記帯域予測手順での予測値又は割り増した予測値が回線に許容される最大帯域を超過する場合には、前記予測値を前記最大帯域に置き換えることを特徴とする帯域割当方法。

【請求項41】 請求項9の帯域割当方法において、前記帯域予測手順では、現在の使用帯域が過去の使用帯域の平均から所定の偏差の範囲内にある場合には使用帯域の平均値になるように帯域を予測することを特徴とする帯域割当方法。

【請求項42】 請求項10の帯域割当方法において、前記予測手順では、前記割当手順により割り当てられた実際の割当帯域が、前記予測手順で割り当てべきと予測した割当帯域に満たない場合には、前記実際の割当帯域と前記予測した割当帯域の差に相当する値を前記要求帯域受信手順で受信する申告値に加算した値、及び前記実際の割当帯域と前記予測した割当帯域との差に相当する値を前記トラヒック観測手順で観測する回線の使用状況から差し引いた値の少なくとも一方を用いた予想値と、前記第1の予測手順による予測値とを比較して前記第1の予測手順による予測値と前記第2の予測手順による予測値を選択することを特徴とする帯域割当方法。

【請求項43】 請求項10の帯域割当方法において、前記線形予測手順で用いる線型予測関数として、前回の使用帯域に係数を乗じた値から前々回の使用帯域に係数を乗じた値を差し引いた値に帯域増加係数を乗じた値を用いることを特徴とする帯域割当方法。

【請求項44】 請求項9の帯域割当方法において、前記帯域予測手順では、割当要求帯域に所定の係数を乗じた計算値を割当要求申告する周期あたりのセル数に換算して、被割当装置の有するバッファの長さを超過する場合に、前記計算値を割当要求申告する周期あたりの被割当装置の有するバッファ長で置き換えることを特徴とする帯域割当方法。

【請求項45】 請求項2の帯域割当装置において、前記第1の予測手段はその予測値を割当要求帯域の申告値と比較して大きい方を線形予測値として出力することを特徴とする帯域割当装置。

【請求項46】 請求項10の帯域割当方法において、前記第1の予測手順ではその予測値を割当要求帯域の申告値と比較して大きい方を線形予測値として出力することを特徴とする帯域割当方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は帯域割当装置及び帯域割当方法に関し、例えばDBA（動的帯域割当：Dynamic Bandwidth Assignment）対応のB-PON（Broadband and Passive Optical Network）のように共用の帯域を複数回線の各々に動的に割り当てる装置に適用される。

【0002】

【従来の技術】DBAを適用するB-PONの通信システムにおいては、顧客宅内に顧客の上り情報を受信し、受信した顧客の上り情報を網側に送信するONT（Optical Network Terminal）が設置され、それと対向するように通信事業者局内にはOLT（光加入者線端局装置：Optical Line Terminal）が設置されることを想定している。B-PONは、ONTとOLTとの間を光ファイバ及び光分岐器で接続する。

【0003】OLTは、伝送すべき上り帯域を有するONTに対して、ONTからの顧客毎の回線又はT-CONT（Transmission Container）毎の割当要求帯域申告又はOLTで観測される使用帯域に基づいて動的に帯域を割り当てる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ONTがOLTに対して割当要求帯域の申告を繰り返す場合には、申告に使用可能な帯域の制限があるので、通常は所定の間隔で申告を繰り返すことになる。このため、ONTによって申告される割当要求帯域は実際には過去のある時点の情報であり現在の情報ではない。

【0005】従って、例えばTCP（Transmission Control Protocol）を利用する通信のように送出帯域がバースト的に変化するトラヒックが回線上に現れる場合には、ONTによって申告される割当要求帯域と現時点で必要とされる帯域との間に大きな違いが発生する可能性が高い。

【0006】また、各ONTが実際に使用している帯域



を観測することによりOLTで帯域を把握しようとする場合であっても、観測を一定時間に渡って継続した結果が使用帯域として検出されるので、現在よりも少し前の時点の使用帯域しか把握できない。そのため、顧客の真の割当要求帯域が急激に増大した場合には、ONTに到着する顧客トラヒックの変化がONTで実際に検出されるまでに遅延が発生するので、帯域割当が遅れる。

【0007】顧客と通信事業者との間では、各顧客に対して必要な帯域を上限として帯域割当を保証する契約を結ぶ場合がある。しかし、実際の帯域割当の遅延が著しい場合には、保証帯域の契約が遵守できないという問題が発生する。また、保証帯域分の割当が著しく遅延すると、保証帯域以下の入力であってもONTにおいてバッファ溢れが生じる。更に、帯域割当遅延によってラウンドトリップタイムが増加するとTCPトラヒックが十分に広帯域を活用できなくなるという問題もある。

【0008】また、散発的に帯域を使用する顧客と継続的に広帯域を使用する顧客とが存在する場合に、後者の顧客に比べて前者の顧客に対する帯域割当が少なくなり不公平が生じるという問題もある。すなわち、ONTからの申告値であるキュー長分のみ帯域割当を行う場合を想定すると、ONTが配下のネットワークから受信するセルは必ずバッファに蓄積されることが前提となる。

【0009】このことは、蓄積遅延時間増加の原因となるばかりかUDP (User Datagram Protocol) トラヒック顧客に比べてTCPトラヒック顧客が不利になるなどの顧客間の不公平の原因となる可能性があることを意味している。

【0010】不公平の事例としては、定常的に最大帯域分のUDPトラヒックを送出する複数の顧客に対して、1人のTCPトラヒック顧客が競合する場合がある。UDPの場合にはトラヒックの受信端末から送信端末に対してフィードバックがかからないため、顧客は共用帯域の空き状態に関わらずパケットを送出することができる。

【0011】このため、UDPでは常に保証帯域分以上のセルがONTキューに蓄積していることになり、必ず保証帯域は確保されることになる。これに対して、TCPはスロースタートによりTCPウィンドウサイズを増加させるプロセスをとる。つまり、途中経路での輻湊を回避し、パケット損失を減少させる目的で受信端末から送信端末にフィードバックをかけて送出帯域を抑制する。

【0012】その結果、UDPトラヒックが共用帯域を占有していた場合には、新規にトラヒックを送出し始めたTCPトラヒック顧客は送出トラヒックを増加させることができず、保証帯域を確保することができなくなる。つまり、TCPトラヒック顧客には契約保証帯域が守られていないように見える。また、保証帯域を遵守するために、割当要求帯域の多寡によらず固定的に保証帯

域を割り当てる方法がある。しかし、固定的に保証帯域を割り当てる場合には、割り当てられた帯域を顧客が使用していない間は、継続的にその帯域が無駄になる。また、この方法では保証帯域を超過する帯域の割当に関する顧客間の公平性を確保できないという問題がある。

【0013】本発明は、パースト的に変化するトラヒックに対する保証帯域割当の遵守、ONTでのバッファ溢れの抑止、割当遅延によるラウンドトリップタイムの増加の抑止、散発的に帯域を利用する顧客に対する不当に少ない帯域割当の抑止、無効帯域発生抑制などが可能な帯域割当装置及び帯域割当方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項1は、複数の回線の間で共用される共用帯域の少なくとも一部分を各回線に動的に割り当てる帯域割当装置において、回線毎に割り当てられた帯域の使用状況を観測するトラヒック観測手段と、回線毎に入力される割当要求帯域の申告値を受信する帯域要求受信手段と、前記トラヒック観測手段の検出した各回線の使用帯域及び前記帯域要求受信手段の受信した割当要求帯域の申告値の少なくとも一方に基づいて、各回線の割当要求帯域を予測する帯域予測手段と、前記帯域予測手段の予測結果に相当する帯域を回線毎に割り当てる帯域割当手段とを設けたことを特徴とする。

【0015】トラヒック観測手段を用いて回線に割り当てられた帯域の使用状況を観測することにより、実際の使用帯域の変化や傾向を把握することができる。また、帯域要求受信手段が受信した割当要求帯域の申告値を監視することにより、申告値の変化や傾向を把握することができる。帯域予測手段は、前記トラヒック観測手段の検出した各回線の使用帯域及び前記帯域要求受信手段の受信した割当要求帯域の申告値の少なくとも一方に基づいて、現在の各回線の割当要求帯域を予測する。

【0016】申告値として受信される割当要求帯域は、その受信までに生じた遅延を考慮すると現在より少し前の時点における申告値である。また、ある期間のトラヒックの観測によって検出される観測値も、現在より少し前の時点における平均化された観測値である。従って、申告値や観測値は現在必要とされる帯域とは必ずしも一致しない。

【0017】しかし、前記トラヒック観測手段の観測値や要求受信手段が受信した申告値を監視することにより、実際の使用帯域の変化や傾向（トラヒックの特性）を把握することができるので、例えば線形予測を用いて過去の複数時点の観測値や申告値から現時点の割当要求帯域を予測することができる。

【0018】予測した割当要求帯域に従って帯域の割当を行うことにより、帯域割当制御の遅延時間を短縮すると共に、実際には使用されない無効帯域の割当を減らす



ことが可能になる。請求項2は、請求項1の帯域割当装置において、前記帯域予測手段に、線形予測を行う第1の予測手段と、非線形の予測を行う第2の予測手段と、割り当てた帯域が全て利用された割合を回線毎に過去の観測値の履歴に基づいて求め第1の閾値と比較する使用帯域識別手段と、入力される帯域の申告値及び割り当てられた帯域の使用状況の少なくとも一方の履歴に基づき、前記申告値が前記第1の予測手段の予測値を超過した割合を回線毎に求め第2の閾値と比較する超過識別手段と、前記使用帯域識別手段の識別結果及び前記超過識別手段の識別結果に基づいて、前記第1の予測手段の予測値と前記第2の予測手段の予測値とのいずれか一方を選択する選択手段とを更に設けたことを特徴とする。

【0019】線形予測を行うことにより、変化の緩やかな定常的な割当要求帯域を比較的正確に予測することができる。また、階段関数を用いる非線形予測を行うことにより、割当要求帯域のバースト的な変化に対応した予測値を得ることができる。これらの2種類の予測を組み合わせて利用することにより、次のような効果が期待できる。

【0020】(1) バースト的に変化するトラヒックに対する保証帯域割当の遵守

(2) ONTでのバッファ溢れの抑止

(3) 割当遅延によるラウンドトリップタイムの増加の抑止

(4) 散発的に帯域を利用する顧客に対する不当に少ない帯域割当の抑止

(5) 無効帯域の抑止

選択手段は、前記使用帯域識別手段の識別結果及び前記超過識別手段の識別結果に基づいて、前記第1の予測手段の予測値と前記第2の予測手段の予測値とのいずれか一方を適切に選択することができる。

【0021】請求項3は、請求項2の帯域割当装置において、前記選択手段は、予測を開始してから所定期間もしくは所定回数が経過するまでの間は、前記使用帯域識別手段及び超過識別手段の識別結果とは無関係に前記第2の予測手段の予測値を選択することを特徴とする。線形予測を行うためには少なくとも2つの時点の過去のデータが必要になる。しかし、帯域割当要求の申告値及び／又は使用帯域の観測値が0から0でない有限値となった直後は、線形予測に十分な過去のデータが存在しないので、線形予測値を不当に低く求める可能性が否定できない。そこで、帯域割当要求の申告値及び／又は使用帯域の観測値が0から0でない有限値となった直後は安全側に予測するために前記第2の予測手段の予測値を用いる。

【0022】請求項4は、請求項2又は請求項3の帯域割当装置において、前記第2の予測手段が回線の保証帯域、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び前記第1の予測手段の予測値の中の最大値を予測値として選択し出力

することを特徴とする。回線の保証帯域、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び線形予測値の中の最大値を予測値として採用することにより、バースト的に変化するトラヒックに対しても保証帯域割当の遵守が可能になる。

【0023】請求項5は、請求項2又は請求項3の帯域割当装置において、以前に予測された先行予測値を回線の保証帯域の閾値と比較する保証帯域識別手段を更に設けるとともに、前記第2の予測手段は、前記先行予測値が回線の保証帯域以下である場合には、回線の保証帯域、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び前記第1の予測手段の予測値の中の最大値を予測値として選択し、前記先行予測値が回線の保証帯域を超える場合には、使用可能な共用帯域を全回線数もしくは全回線の保証帯域比で除した結果、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び前記第1の予測手段の予測値の中の最大値を予測値として選択することを特徴とする。

【0024】先行予測値（例えば前回求めた予測値）が回線の保証帯域以下である場合には、回線の保証帯域、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び線形予測値の中の最大値を予測値として選択することにより、バースト的に変化するトラヒックに対しても保証帯域割当の遵守が可能になる。

【0025】また、先行予測値が回線の保証帯域を超える場合には、使用可能な共用帯域を全回線数もしくは全回線の保証帯域比で除した結果、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び線形予測値の中の最大値を予測値として選択することにより、バースト的に変化するトラヒックに対しても適切に帯域を割り当てると共に、共用帯域を各回線に公平に配分することが可能になる。

【0026】請求項6は、請求項2又は請求項3の帯域割当装置において、前記第1の予測手段が過去の少なくとも2つの時点で観測された使用帯域もしくは割当要求帯域の申告値に所定の係数を乗じた値を現在の割当要求帯域として予測することを特徴とする。過去の2つの時点のデータに基づき、線形予測を適用して現在の割当要求帯域を予測することができる。

【0027】請求項7は、請求項2又は請求項3の帯域割当装置において、前記第1の予測手段は、過去の少なくとも2つの時点で観測された使用帯域もしくは申告された割当要求帯域に線形比例する値と、前回申告された割当要求帯域に係数を乗じた値又は前回申告帯域の前々回申告帯域に対する増加帯域に係数を乗じた値とを加算した結果を現在の予測値として用いることを特徴とする。

【0028】請求項7では、使用帯域の観測、申告値の受信、帯域の予測及び帯域の割当を一定の時間周期

(T)で繰り返す行うとともに、経過時間に比例して使用帯域が一定の割合で増加又は減少することを想定している。過去の2つの時点の帯域の観測値又は申告値に線形比例する値を利用することにより、トラヒックの緩や

かな変化に対応して現在必要とされる帯域を適切に決定できる。また、申告値の倍数もしくは1周期(T)あたりの申告値の帯域増加分の倍数を利用することにより、バースト的に増加する割当要求帯域の変化に対しても遅延なく対応できる。

【0029】請求項8は、請求項7の帯域割当装置において、申告値がONTで送出されてから当該申告値がOLTでの帯域割当に反映されるまでの所要時間に相当する制御周期の数を前記係数として適用することとを特徴とする。例えば、申告値がONTで送出されてから当該申告値がOLTでの帯域割当に反映されるまでの所要時間が(2T)である場合を想定すると、予測に用いる申告値は実際に帯域を割り当てる時点よりも(2T)時間前の値なので、(2T)時間に相当する申告値の変化を予測値に反映する必要がある。すなわち、前記所要時間が(2T)の場合には、1周期あたりの申告値の変化量の2倍の値を予測値に決定すればよい。

【0030】また、請求項9～請求項16の帯域割当方法は、それぞれ請求項1～請求項8と同様の特徴を有する。請求項17は、請求項1の帯域割当装置において、前記帯域予測手段が前記トラヒック観測手段が観測する回線の観測期間に対して前記帯域割当手段の帯域割当があるか否かを識別し、帯域割当が無い場合には、該当する回線の帯域の使用状況が0以外であるとみなして予測を行うことを特徴とする。

【0031】帯域の割当を一定の周期毎に繰り返し実施する場合には、ある回線に対する帯域割当が一時的に0になる場合も発生する。帯域割当が0になるとトラヒックの観測値も0になり、帯域の予測値が0になる可能性がある。すなわち、予測値が不必要に変動し帯域割当に悪影響が現れる。請求項17では、帯域割当が無い場合には、帯域の使用状況が0以外であるとみなして予測を行うので、予測値の不必要な変動を防止できる。

【0032】請求項18は、請求項9の帯域割当方法において、前記帯域予測手段で、前記トラヒック観測手順で観測される回線の観測期間に対して前記帯域割当手順の帯域割当があるか否かを識別し、帯域割当が無い場合には、該当する回線の帯域の使用状況が0以外であるとみなして予測を行うことを特徴とする。

【0033】請求項18では、請求項17と同様に、帯域割当が無い場合には、帯域の使用状況が0以外であるとみなして予測を行うので、予測値の不必要な変動を防止できる。請求項19は、請求項1の帯域割当装置において、前記トラヒック観測手段が、観測した回線に対する前記帯域割当手段の帯域割当が0である間は、それ以前に観測された帯域の使用状況に基づいて0以外の観測値を出力することを特徴とする。

【0034】請求項19では、帯域割当が0である間は、それ以前に観測された帯域の使用状況に基づいてトラヒック観測手段が0以外の観測値を出力するので、予

測値の不必要な変動を防止できる。請求項20は、請求項9の帯域割当方法において、前記トラヒック観測手順では、観測した回線に対する前記帯域割当手段の帯域割当が0である間は、それ以前に観測された帯域の使用状況に基づいて0以外の観測値を出力することを特徴とする。

【0035】請求項20では、請求項19と同様に、帯域割当が0である間は、それ以前に観測された帯域の使用状況に基づいてトラヒック観測手順で0以外の観測値を出力するので、予測値の不必要な変動を防止できる。請求項21は、請求項1の帯域割当装置において、前記帯域割当手段は、割当要求帯域の増加を検出するための期間に、前記予測結果に相当する帯域に加えて1セル以上の帯域を割り当てるか、もしくは、前記予測結果に相当する帯域に1セル以上の帯域を加えた結果と当該回線の保証帯域とのいずれか小さい方の帯域を選択的に割り当てることを特徴とする。

【0036】請求項22は、請求項1の帯域割当装置において、前記帯域予測手段は、前記帯域割当手段による実割当帯域が回線に割り当てるべき帯域として予測した予測帯域に満たない場合には、前記予測帯域から前記実割当帯域を差し引いた帯域に相当する情報量がキューとして被割当装置内のバッファに滞留しているとみなし、回線が使用する帯域から前記実割当帯域と前記予測帯域との差に相当する帯域が減少することを予測することを特徴とする。

【0037】請求項23は、請求項1の帯域割当装置において、前記帯域予測手段が、予測結果の第1の予測帯域に所定の帯域予測係数を乗じて割り増した第2の予測帯域を出力するとともに、前記第2の予測帯域が第1の予測帯域と比べて、割当要求帯域の増加を検出するための第1の期間あたり1セル以上の帯域増加がない場合には、前記第1の予測帯域に前記第1の期間あたり1セルを加えた結果を予測結果として出力することを特徴とする。

【0038】請求項24は、請求項1の帯域割当装置において、前記帯域予測手段は、帯域の変化を予測するために、過去に観測した使用帯域及び割当帯域の申告値の少なくとも一方に乘じる複数の係数を保持するとともに、前記トラヒック観測手段の観測した帯域の使用率が所定値以上であるか、前記トラヒック観測手段の観測した帯域が増加傾向であるか減少傾向であるか、前記使用帯域の増加傾向及び現在の割当帯域が所定の値を超過しているか否か及び前記申告値が0であるか否かの少なくとも1つの条件を識別した結果に応じて前記複数の係数を選択し予測を行うことを特徴とする。

【0039】請求項25は、請求項1の帯域割当装置において、前記帯域要求受信手段は回線毎の申告値を申告周期に応じて正規化し、前記トラヒック観測手段は観測値を観測周期もしくは帯域割当周期に応じて正規化し、

前記帯域予測手段は正規化された申告値及び観測値に基づいて各回線の割当要求帯域を予測することを特徴とする。

【0040】請求項26は、請求項2の帯域割当装置において、前記第2の予測手段は、使用可能な共用帯域全体、もしくは使用可能な共用帯域全体を帯域割当要求の予測値が正の回線数で割った帯域、もしくは使用可能な共用帯域全体を帯域要求の予測値が正の回線の保証帯域比、もしくは使用可能な共用帯域全体を全回線の保証帯域比と、現在の割当帯域と、現在の使用帯域と、前記第1の予測手段の予測値との中で最大の値を選択して出力することを特徴とする。

【0041】請求項27は、請求項5の帯域割当装置において、前記第2の予測手段は、前記先行予測値が0である場合には前記先行予測値が回線の保証帯域を超える場合と同じ予測値を選択することを特徴とする。請求項28は、請求項1の帯域割当装置において、前記帯域予測手段の予測値又は割り増した予測値が回線に許容される最大帯域を超過する場合には、前記予測値を前記最大帯域に置き換えることを特徴とする。

【0042】請求項29は、請求項1の帯域割当装置において、前記帯域予測手段は、現在の使用帯域が過去の使用帯域の平均から所定の偏差の範囲内にある場合には使用帯域の平均値になるように帯域を予測することを特徴とする。請求項30は、請求項2の帯域割当装置において、前記予測手段は、前記割当手段により割り当てられた実際の割当帯域が、前記予測手段が割り当てるべきと予測した割当帯域に満たない場合には、前記実際の割当帯域と前記予測した割当帯域の差に相当する値を前記要求帯域受信手段の受信する申告値に加算した値、及び前記実際の割当帯域と前記予測した割当帯域との差に相当する値を前記トラヒック観測手段の観測する回線の使用状況から差し引いた値の少なくとも一方を用いた予想値と、前記第1の予測手段による予測値とを比較して前記第1の予測手段による予測値と前記第2の予測手段による予測値を選択することを特徴とする。

【0043】請求項31は、請求項2の帯域割当装置において、前記第1の予測手段は、線形予測手段の用いる線型予測関数として、前回の使用帯域に係数を乗じた値から前々回の使用帯域に係数を乗じた値を差し引いた値に帯域増加係数を乗じた値を用いることを特徴とする。

【0044】請求項32は、請求項1の帯域割当装置において、前記帯域予測手段は、割当要求帯域に所定の係数を乗じた計算値を割当要求申告する周期あたりのセル数に換算して、被割当装置の有するバッファの長さを超過する場合に、前記計算値を割当要求申告する周期あたりの被割当装置の有するバッファ長で置き換えることを特徴とする。

【0045】請求項33は、請求項9の帯域割当方法において、前記帯域割当手順では、割当要求帯域の増加を

検出するための期間に、前記予測結果に相当する帯域に加えて1セル以上の帯域を割り当てるか、もしくは、前記予測結果に相当する帯域に1セル以上の帯域を加えた結果と当該回線の保証帯域とのいずれか小さい方の帯域を選択的に割り当てることを特徴とする。

【0046】請求項34は、請求項9の帯域割当方法において、前記帯域予測手順では、前記帯域割当手順による実割当帯域が回線に割り当てるべき帯域として予測した予測帯域に満たない場合には、前記予測帯域から前記実割当帯域を差し引いた帯域に相当する情報量がキューとして被割当装置内のバッファに滞留しているとみなし、回線が使用する帯域から前記実割当帯域と前記予測帯域との差に相当する帯域が減少することを予測することを特徴とする。

【0047】請求項35は、請求項9の帯域割当方法において、前記帯域予測手順では、予測結果の第1の予測帯域に所定の帯域予測係数を乗じて割り増した第2の予測帯域を出力するとともに、前記第2の予測帯域が第1の予測帯域と比べて、割当要求帯域の増加を検出するための第1の期間あたり1セル以上の帯域増加がない場合には、前記第1の予測帯域に前記第1の期間あたり1セルを加えた結果を予測結果として出力することを特徴とする。

【0048】請求項36は、請求項9の帯域割当方法において、帯域の変化を予測するために、過去に観測した使用帯域及び割当帯域の申告値の少なくとも一方に乗じる複数の係数を保持し、前記帯域予測手順では、前記トラヒック観測手順で観測した帯域の使用率が所定値以上であるか、前記トラヒック観測手順で観測した帯域が増加傾向であるか減少傾向であるか、前記使用帯域の増加傾向及び現在の割当帯域が所定の値を超過しているか否か及び前記申告値が0であるか否かの少なくとも1つの条件を識別した結果に応じて前記複数の係数を選択し予測を行うことを特徴とする。

【0049】請求項37は、請求項9の帯域割当方法において、前記帯域要求受信手順では回線毎の申告値を申告周期に応じて正規化し、前記トラヒック観測手順では観測値を観測周期もしくは帯域割当周期に応じて正規化し、前記帯域予測手順では正規化された申告値及び観測値に基づいて各回線の割当要求帯域を予測することを特徴とする。

【0050】請求項38は、請求項10の帯域割当方法において、前記第2の予測手順では、使用可能な共用帯域全体、もしくは使用可能な共用帯域全体を帯域割当要求の予測値が正の回線数で割った帯域、もしくは使用可能な共用帯域全体を帯域要求の予測値が正の回線の保証帯域比、もしくは使用可能な共用帯域全体を全回線の保証帯域比と、現在の割当帯域と、現在の使用帯域と、前記第1の予測手段の予測値との中で最大の値を選択して出力することを特徴とする。

【0051】請求項39は、請求項13の帯域割当方法において、前記第2の予測手順では、前記先行予測値が0である場合には前記先行予測値が回線の保証帯域を超える場合と同じ予測値を選択することを特徴とする。請求項40は、請求項9の帯域割当方法において、前記帯域予測手順での予測値又は割り増した予測値が回線に許容される最大帯域を超過する場合には、前記予測値を前記最大帯域に置き換えることを特徴とする。

【0052】請求項41は、請求項9の帯域割当方法において、前記帯域予測手順では、現在の使用帯域が過去の使用帯域の平均から所定の偏差の範囲内にある場合には使用帯域の平均値になるように帯域を予測することを特徴とする。

【0053】請求項42は、請求項10の帯域割当方法において、前記予測手順では、前記割当手順により割り当てられた実際の割当帯域が、前記予測手順で割り当てべきと予測した割当帯域に満たない場合には、前記実際の割当帯域と前記予測した割当帯域の差に相当する値を前記要求帯域受信手順で受信する申告値に加算した値、及び前記実際の割当帯域と前記予測した割当帯域との差に相当する値を前記トラヒック観測手順で観測する回線の使用状況から差し引いた値の少なくとも一方を用いた予想値と、前記第1の予測手順による予測値とを比較して前記第1の予測手順による予測値と前記第2の予測手順による予測値を選択することを特徴とする。

【0054】請求項43は、請求項10の帯域割当方法において、前記線形予測手順で用いる線型予測関数として、前回の使用帯域に係数を乗じた値から前々回の使用帯域に係数を乗じた値を差し引いた値に帯域増加係数を乗じた値を用いることを特徴とする。請求項44は、請求項9の帯域割当方法において、前記帯域予測手順では、割当要求帯域に所定の係数を乗じた計算値を割当要求申告する周期あたりのセル数に換算して、被割当装置の有するバッファの長さを超過する場合に、前記計算値を割当要求申告する周期あたりの被割当装置の有するバッファ長で置き換えることを特徴とする。

【0055】請求項45は、請求項2の帯域割当装置において、前記第1の予測手段はその予測値を割当要求帯域の申告値と比較して大きい方を線形予測値として出力することを特徴とする。請求項46は、請求項10の帯域割当方法において、前記第1の予測手順ではその予測値を割当要求帯域の申告値と比較して大きい方を線形予測値として出力することを特徴とする。

【0056】

【発明の実施の形態】（第1の実施の形態）本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について、図1～図4を参照して説明する。この形態は、請求項1及び請求項9に対応する。図1はこの形態の帯域割当装置の構成を示すブロック図である。図2はこの形態における帯域予測部の動作例（1）を示すフローチャー

トである。図3はこの形態における帯域予測部の動作例（2）を示すフローチャートである。図4はこの形態における帯域予測部の動作例（3）を示すフローチャートである。

【0057】この形態では、請求項1のトラヒック観測手段、帯域要求受信手段、帯域予測手段及び帯域割当手段は、それぞれトラヒック観測部10、帯域要求受信部20、帯域予測部30及び帯域割当部40に相当する。例えばB-PONのような通信システムを用いて通信事業者が多数の顧客に通信回線を提供する場合には、各顧客の回線で使用可能な帯域を顧客毎（回線毎）に動的に割り当てるのが望ましい。その場合には、いずれの回線に対しても割当可能な共通帯域を設け、共通帯域の中から一部分の帯域を各回線に動的に割り当てる。このような帯域の動的な割当を図1に示す帯域割当装置が実施する。

【0058】図1に示すように、この帯域割当装置はトラヒック観測部10、帯域要求受信部20、帯域予測部30及び帯域割当部40を備えている。帯域割当部40は、帯域予測部30が予測した帯域の大きさ（現時点で必要とされる帯域）に応じて回線毎に帯域を割り当てる。トラヒック観測部10は、回線毎に、帯域割当部40が割り当てた帯域及びその回線を実際に流れているトラヒックの量、すなわち帯域の使用状況を観測する。

【0059】帯域要求受信部20は、顧客などから入力される回線毎の割当要求帯域の申告値を受信する。帯域予測部30は、トラヒック観測部10の観測により得られた使用帯域の情報及び帯域要求受信部20が受信した割当要求帯域の申告値の少なくとも一方に基づいて、現在の割当要求帯域を予測する。

【0060】トラヒック観測部10の観測により得られる使用帯域や、帯域要求受信部20が受信する割当要求帯域の申告値には制御上の時間遅れが生じるので、現在より少し前（過去）の時点で必要とされていた帯域の大きさを反映する。このような遅延による動的帯域割当の遅れを低減するために、帯域予測部30は過去の情報に基づく予測を行って現時点で必要とされる帯域の大きさを求める。帯域予測部30の予測した帯域が帯域割当部40によって各回線に割り当てられる。

【0061】帯域予測部30の具体的な動作については、図2、図3又は図4に示すような動作が考えられる。図2の動作例では、トラヒック観測部10の観測値のみを利用して予測する場合を想定している。また、図3の動作例では観測値及び申告値の両方を利用して予測する場合を想定し、図4の動作例では申告値のみを利用して予測する場合を想定している。

【0062】まず、図2を参照して説明する。なお、帯域は時間あたりのセル数を単位として表してある。また、この処理は回線毎に実施する。最初のステップS11では、初期値として予測値に0をセットする。次のス

テップS12では、トラヒック観測部10の観測値（使用帯域）を参照し、1セル以上の帯域が使用されたか否かを識別する。1セル以上の帯域が使用された場合には次のステップS13に進む。

【0063】ステップS13では、トラヒック観測部10の観測値（少し前の使用帯域）に基づいて現時点で必要とされる帯域の予測値を計算する。ステップS14では、トラヒック観測部10の観測値を参照し、割り当てた帯域に未使用の帯域が存在するか否かを回線毎に識別する。割り当てた帯域が全て使用されている場合には、ステップS14からS16に進み、予測値を増大するように補正する。

【0064】割り当てた帯域に未使用の帯域が存在する場合には、ステップS14からS15に進む。ステップS15では、トラヒック観測部10の観測値を参照し、実際の使用帯域が0か否かを回線毎に識別する。使用帯域が0でなければ、ステップS15からS17に進み、予測値を減少するように補正する。また、帯域が全く使用されていない場合にはステップS15からS11に戻る。

【0065】ステップS13における予測値の計算並びにステップS16、S17の補正処理においては、図2に（1）～（8）として示すように様々な条件を適用して予測値を求めることが考えられる。次に、図3を参照して説明する。なお、帯域はセル数を単位として表してある。また、この処理は回線毎に実施する。最初のステップS21では、初期値として予測値に0をセットする。

【0066】次のステップS22では、帯域要求受信部20の受信した帯域の申告値を参照し、1セル以上の帯域割当要求があったか否かを識別する。1セル以上の帯域割当要求があった場合には次のステップS23に進む。ステップS23では、トラヒック観測部10の観測値（少し前の使用帯域）及び帯域要求受信部20の受信した帯域の申告値に基づいて現時点で必要とされる帯域の予測値を計算する。

【0067】ステップS24では、トラヒック観測部10の観測値を参照し、割り当てた帯域に未使用の帯域が存在するか否かを回線毎に識別する。割り当てた帯域が全て使用されている場合には、ステップS24からS26に進み、予測値を増大するように補正する。割り当てた帯域に未使用の帯域が存在する場合には、ステップS24からS25に進む。ステップS25では、トラヒック観測部10の観測値を参照し、実際の使用帯域が0か否かを回線毎に識別する。

【0068】使用帯域が0でなければ、ステップS25からS27に進み、予測値を減少するように補正する。また、帯域が全く使用されていない場合にはステップS25からS21に戻る。ステップS23における予測値の計算並びにステップS26、S27の補正処理におい

ては、図2に（1）～（8）として示すように様々な条件を適用して予測値を求めることが考えられる。

【0069】次に、図4を参照して説明する。なお、帯域はセル数を単位として表してある。また、この処理は回線毎に実施する。最初のステップS31では、初期値として予測値に0をセットする。次のステップS32では、帯域要求受信部20の受信した帯域の申告値を参照し、1セル以上の帯域割当要求があったか否かを識別する。1セル以上の帯域割当要求があった場合には次のステップS33に進む。

【0070】ステップS33では、帯域要求受信部20の受信した帯域の申告値に基づいて現時点で必要とされる帯域の予測値を計算する。ステップS34では、帯域要求受信部20の受信した申告値の履歴から申告値の変化の傾向を調べ、減少傾向か否かを回線毎に識別する。申告値の変化が増大傾向の場合には、ステップS34からS35に進み予測値を増大するように補正する。

【0071】申告値の変化が減少傾向の場合にはステップS34からS36に進み、予測値を減少するように補正する。ステップS37では、帯域要求受信部20の受信した申告値の履歴を調べて、0の申告値が連続して現れたか否かを識別する。0の申告値が連続して現れた場合にはステップS31に戻り、そうでなければステップS33に戻る。

【0072】ステップS33における予測値の計算並びにステップS35、S36の補正処理においては、図2に（1）～（8）として示すように様々な条件を適用して予測値を求めることが考えられる。以上のように、帯域予測部30が過去（少し前）の観測値又は申告値に基づいて現時点の割当要求帯域を予測するので、現在の状況に応じた適切な帯域を回線毎に割り当てることができる。

【0073】（第1の実施の形態）本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について説明する。この形態は請求項21、請求項33に対応する。この形態は第1の実施の形態の変形例である。第1の実施の形態と異なる部分について以下に説明する。この形態では、図2、図3に示すステップS21の初期値として、予測される帯域に加えて、割当要求帯域の増加を検出しようとする周期毎に1セル以上を割り当てる。又は、図2のステップS13、S16、S17及び図3のステップS23、S26、S27の少なくとも1つで予測する帯域に、割当要求帯域の増加を検出しようとする周期あたりに1セルを加えた帯域を割り増した予測帯域を用いる。

【0074】初期値を割当要求帯域の増加を検出しようとする周期毎に1セル以上とする場合は、所望の周期で割当要求帯域の有無を検出することが可能となる。また、予測帯域を割り増して予測する場合には、観測値により予測した場合よりも速やかに割当要求帯域の増加を



検出することが可能になる。

(第1. 2の実施の形態) 本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について説明する。この形態は請求項21, 請求項33に対応する。この形態は第1の実施の形態の変形例である。第1の実施の形態と異なる部分について以下に説明する。

【0075】この形態では、図2, 図3に示すステップS21の初期値として、割当要求帯域の増加を検出することを目的として割り当てる帯域は、割当要求帯域の増加を検出しようとする周期あたりに1セルを割り当てた場合の帯域と、保証帯域の内から小さい帯域を割り当てることを特徴とする。

【0076】このため、第1. 1の実施の形態のように固定的に保証して割り当てる必要のない帯域を割当要求帯域の増加を検出することを目的に割り当てることなく、契約以上の帯域割当を削減し、第1. 1の実施の形態に比べて収容効率を増加できる効果がある。

(第1. 3の実施の形態) 本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について説明する。この形態は請求項23, 請求項35に対応する。この形態は第1の実施の形態の変形例である。第1の実施の形態と異なる部分について以下に説明する。

【0077】この形態では、図2のステップS13, S16, S17及び図3のステップS23, S26, S27の少なくとも1つで予測する帯域に所定の帯域増加係数を乗じ割り増した予測帯域を用いる。また、割り増した予測帯域が請求項1に記載の帯域割当装置による帯域増加係数を乗ずる前の予測帯域と比べて割当要求帯域の増加を検出したい周期あたりに1セル以上の帯域が割り増していない場合に、割増前の予測帯域に割当要求帯域の増加を検出しようとする周期あたりに1セルを加えた帯域を割り増した予測帯域とする。

【0078】この形態では、帯域増加係数により割り増した予測帯域が割当要求帯域の増加を検出しようとする周期あたりに1セルを加えた帯域よりも多い場合は、第1. 1の実施の形態と比べて迅速に割当要求帯域の増加を予測することが可能である。また、帯域増加係数により割り増した予測帯域が割当要求帯域の増加を検出しようとする周期あたりに1セルを加えた帯域よりも少ない場合は、割当要求帯域の増加を検出しようとする周期あたりに1セルを加えた帯域とするために、第1. 1の実施の形態よりも割当要求帯域の増加を検出する迅速さが低下する可能性がない効果がある。

【0079】(第1. 4の実施の形態: 階段予測なしのAdaptiveな帯域増加係数) 本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について説明する。この形態は請求項24, 請求項36に対応する。この形態は第1の実施の形態の変形例である。第1の実施の形態と異なる部分について以下に説明する。この形態の特徴は帯域予測部30にある。この形態の帯域予測部30は、

トラヒック観測部10による帯域の使用状況が増加しかつ現在割当している帯域が所定の帯域以下である場合、又は帯域要求受信部20が受信する申告値が正であり、かつ現在割当している帯域が所定の帯域以下である場合の少なくとも一方が真である場合に大きな帯域比で割当要求帯域が増加すると予測し、トラヒック観測部10による帯域の使用状況が減少する場合、又は帯域要求受信部20が受信する申告値が0である場合の少なくとも一方が真である場合に小さな帯域比で割当要求帯域が減少すると予測する。

【0080】このため、この形態では所定の帯域、例えばGFRサービスであれば割当が保証されるMCR以下の割当である場合に、使用する帯域が増加した場合迅速に割当帯域を増加することが可能である。また、使用する帯域が減少する場合、又は申告値が0であり過剰に帯域を割り当てている場合はゆっくりと予測帯域を予測するために、必要以上に割当帯域が減少する問題を解消できる。このため、実際に必要となる帯域に対して予測帯域が不必要に大きな幅で振動し発振する、特に大きな帯域比で割当帯域を変更する際の問題を回避することができ

【0081】(第1. 5の実施の形態) 本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について説明する。この形態は請求項28, 請求項40に対応する。この形態は第1の実施の形態の変形例である。第1の実施の形態と異なる部分について以下に説明する。この形態では、帯域予測部30による予測帯域又は帯域増加係数により割り増した帯域値が回線に許容される最大帯域を超過する場合に、回線に許容される最大帯域に置き換えることを特徴とする。

【0082】このため、回線に許容される最大帯域を超過して割り当てた場合の出力先の装置で廃棄される可能性を回避することができるため、無効割当が軽減できる効果がある。

(第2の実施の形態) 本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について、図5〜図10を参照して説明する。この形態は、請求項2〜請求項4及び請求項10〜請求項12, 請求項31, 請求項43, 請求項45, 請求項46に対応する。

【0083】図5はこの形態の帯域割当装置の構成を示すブロック図である。図6は線形予測部の動作例を示すフローチャートである。図7はこの形態の選択部の動作を示すフローチャートである。図8はこの形態の帯域予測部の状態遷移を示す状態遷移図である。図9はこの形態の動作例(1)を示すタイムチャートである。図10はこの形態の動作例(2)を示すタイムチャートである。

【0084】この形態では、請求項2の前記帯域予測手段、第1の予測手段、第2の予測手段、使用帯域識別手段、超過識別手段及び選択手段は、それぞれ帯域予測部

30, 線形予測部31, 階段予測部32, 未使用帯域識別部35, 予測値超過識別部34及び選択部33に相当する。この形態では、図1に示すようにトラヒック観測部10, 帯域要求受信部20, 帯域予測部30及び帯域割当部40を帯域割当装置に備えることを想定している。トラヒック観測部10, 帯域要求受信部20及び帯域割当部40の構成及び動作については第1の実施の形態と同様であるが、帯域予測部30は異なっている。

【0085】この形態では、帯域予測部30は図5に示すように線形予測部31, 階段予測部32及び選択部33を備えている。また、選択部33には予測値超過識別部34及び未使用帯域識別部35が備わっている。線形予測部31では、予め定めた一定の帯域割当周期(T)毎に使用帯域の観測及び割当要求帯域の申告値の監視を

$$y(i+1) = f(x(i-1), x(i-2), \dots) \quad \dots (1)$$

として表すことができる。

【0087】但し、帯域は時間当りのセル数で表した。一次関数を用いて線形予測を行う場合には、入力として

$$y(i+1) = (2x(i-1) - x(i-2)) \times \alpha$$

$$y(i+1) = (3x(i-1) - 2x(i-2)) \times \alpha$$

$\alpha$  : 定数

前記第(2)式及び第(3)式は、現状の使用帯域の一次関数を用いた場合 ( $y(i+1) = \alpha(X(i-1) - X(i-2)) + X(i-1)$ ) と比べて増加する場合に大きめに増加して予測し、減少する場合に少なめに予測するため効果がある。

【0088】前記第(2)式を用いて線形予測を行う場合の具体例を示す。例えば、

$$\begin{aligned} y &= [\text{線形予測によるセル数}] \times [\text{帯域増加係数}] \\ &= ([\text{前回通過セル数}] \times 2 - [\text{前々回通過セル数}]) \times [\text{帯域増加係数}] \\ &= (10 \times 2 - 5) \times 1.2 \\ &= 18 \end{aligned}$$

また、上記の第(4)式における線形予測の帯域に帯域増加係数 $\alpha$ を乗じた結果が線形予測の帯域と等しい場合には、線形予測の帯域に単位時間(T)当り1セル分の帯域を加えた結果を現在の割当帯域要求の値として予測する。

【0090】また、セル数が負数になる場合にも1セル分の帯域として予測する。但し、観測帯域(前回の通過セル数)が連続して(少なくとも2回以上)0であった場合、には割当要求帯域を0として予測する。ここで、この形態ではトラヒック観測部による観測を用いない場合、 $\alpha$ は1としてもよい。

【0091】更に、線形予測部31は、上記の予測値と申告値との比較を行っていずれか一方の値が大きいものを割当要求帯域の線形予測値として出力する。一方、階段予測部32は階段関数(非線形の関数)を用いて予測値を求める。この例では、階段予測部32は回線の保証帯域又は最大帯域等の帯域( $V_{\min}$ )、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び線形予測部31が出力する線形予測値の中で最大の値を選択し現時点の予測値として出

行い、これらの結果を履歴として一定期間保持する。そして、過去数回の帯域割当周期(T)における使用帯域又は割当要求帯域の履歴を用いて次に割り当てるべき帯域(現時点の帯域)を線形予測する。ここでは、線形予測部31の予測値を線形予測値と呼ぶ。

【0086】帯域割当周期(T)毎のi番目の周期において、

$x(i-2)$  : 前々回の割当周期内で観測された使用帯域

$x(i-1)$  : 前回の割当周期内で観測された使用帯域

$f(x(i-1), x(i-2), \dots)$  : 線形予測で用いる関数

$y(i+1)$  : 予測すべき次の割当周期における予測帯域(セル数)

とすると、線形予測値は

少なくとも2つの時点の値( $x(i-1)$ ,  $x(i-2)$ )が必要になる。線形予測関数としては、例えば次のような関数を用いることができる。

$$\dots (2)$$

$$\dots (3)$$

前々回の通過セル数 : 5

前回の通過セル数 : 10

帯域増加係数( $\alpha$ ) : 1.2

の場合を想定すると、線形予測による次回割当帯域(セル数)yは次のように求められる。

【0089】

$$\dots (4)$$

力する。また、予測値を帯域割当要求の申告値と比較し、申告値の方が大きい場合には申告値を予測値として出力する。ここでは、階段予測部32が出力する予測値を階段予測値と呼ぶ。

【0092】図5に示す選択部33に含まれる予測値超過識別部34は、帯域要求受信部20の受信した申告値が線形予測部31の予測した線形予測値を超過したか否かを帯域割当周期(T)毎に識別する。また、選択部33に含まれる未使用帯域識別部35は、トラヒック観測部10が出力する観測値に基づき、割り当てた帯域の中に未使用の帯域が存在するか否かを帯域割当周期(T)毎に識別する。

【0093】選択部33は、帯域割当周期(T)毎に図7に示す処理を実行し、予測値超過識別部34の識別結果及び未使用帯域識別部35の識別結果を利用して、線形予測部31が出力する線形予測値と階段予測部32が出力する階段予測値とのいずれか一方を選択し、最終的な予測値として出力する。次に、図7を参照して選択部33の動作を説明する。



【0094】少なくとも周期Tの2回分の期間では線形予測部31はステップS51からS57に進み、無条件で階段予測値を選択する。帯域割当要求の申告値及び／又は使用帯域の観測値が0から0でない有限値となった直後（少なくとも周期Tの2回分）には、線形予測部31に線形予測のために十分な過去のデータが存在しないので、線形予測値が不当に低い可能性が否定できない。そこで、安全側に予測するためにその場合にはステップS51からS57に進み、階段予測値を選択する。

【0095】ステップS52では、線形予測部31が出力する線形予測値に対する今回の予測値超過識別部34の識別結果を入力する。ステップS53では、ステップS52で入力された識別結果の過去の履歴を調べ、帯域割当周期（T）の過去N3回における超過回数Aを求め、それを予め定めた閾値N4と比較する。すなわち、線形予測値を採用する場合に申告値が予測値を超過する割合が大きいかな否かを識別する。

【0096】「 $A \leq N4$ 」の場合にはステップS53からS56に進み、線形予測値を選択する。また、「 $A > N4$ 」の場合にはステップS53からS54に進む。ステップS54では、階段予測部32が出力する階段予測値に対する今回の未使用帯域識別部35の識別結果を入力する。ステップS55では、ステップS54で入力された識別結果の過去の履歴を調べ、帯域割当周期（T）の過去L1回における超過回数Bを求め、それを予め定めた閾値L2と比較する。すなわち、階段予測値を採用する場合に、未使用帯域が発生する（使用帯域が階段予測値より小さくなる）頻度が大きいかな否かを識別する。

【0097】「 $B \geq L2$ 」の場合にはステップS55からS56に進み、線形予測値を選択する。また、「 $B < L2$ 」の場合にはステップS55からS57に進み階段予測値を選択する。従って、選択部33における線形予測部31の線形予測値及び階段予測部32の階段予測値の選択に関する状態遷移は図8のようになる。

【0098】なお、線形予測値及び階段予測値のいずれを選択する場合であっても、申告値との比較を行い、申告値の方が大きい場合には申告値を最終的な予測値として採用する。この形態の帯域予測部30を用いる場合、例えば図9、図10に示すように各回線に帯域が割り当てられる。

【0099】なお、線形予測値又は階段予測値を図7に示すような条件で選択する理由は次の通りである。

（1）予測帯域を超過する使用状態になると線形予測値を用いた帯域予測では帯域が不足する（（1）予測を超過する割当帯域要求が増えている）ので、階段予測値を採用する。これにより、割当帯域を急激に増加することができ、目標帯域までの到達時間が短縮される。

【0100】（2）使用帯域が線形予測値を超過する割合が小さい場合（線形予測値に帯域増加係数を乗じた値程度以下で超過する場合等）には、帯域の使用状態が線

形予測の範囲内に収まっていると考えられるので、線形予測値を採用する。

（3）階段予測により必要以上の帯域を割り当てる場合には、実際には使用されない無効な帯域が発生する頻度が高くなる。従って、階段予測値に対して未使用帯域が発生する頻度が所定以上になった場合には線形予測値を採用する。また、階段予測値が保証帯域を上限として制限される場合には、保証帯域を超える帯域を割り当てるために階段予測から線形予測に遷移する。

【0101】（4）階段予測値により割り当てた帯域に未使用帯域が現れる頻度が小さい場合には、割当要求帯域の大きい状態が継続していると考えられるので階段予測値の選択を継続する。この形態では、階段予測値に基づいて帯域割当を行うことができるので、現在割当帯域が保証帯域以下の回線に対して速やかに保証帯域の割当を行うことができ、保証帯域の保証を行うことが可能である。

【0102】また、階段予測で保証帯域を割り当てた後に未使用帯域が増加した場合には、線形予測値を採用し、前回および前々回の回線の観測された使用帯域又は申告された割当要求帯域に線形比例する帯域を現在の割当要求帯域として予測し帯域を割り当てることができるので、無効帯域割当を抑止することができる。なお、保証帯域を持たない顧客の回線に対しては、余剰帯域の均等割りをしてこれに代えるのが望ましい。

【0103】このようにして、顧客が帯域割当を要求した場合、要求帯域が保証帯域以下であったとしても保証分の帯域を割当てることができる。従って、保証帯域割当を回避することができる。また、顧客の要求を上回る帯域を割り当てる場合には、無駄な未使用帯域が発生するため、共用帯域の有効利用という観点からは好ましくない。このような場合には、線形予測値を採用して帯域を割り当てることにより、無駄な未使用帯域を減らすことができる。

【0104】この形態では、線形予測部31は予測値と申告値との比較を行っていずれか一方の値が大きいものを割当要求帯域の線形予測値として出力する。これは以下の理由による。申告値は例えば、B-PONであれば申告時のONTバッファのセル蓄積量（キュー長）で表示されている。ここでは、キュー長表示による割当要求帯域で説明する。申告されるキュー長は既にバッファに蓄積されているセル数であり、帯域を割当てることによりすぐに送出可能なセル数である。従って、空き帯域が存在する限り、少なくともキュー長分のセル数の帯域は有効に利用可能であるからである。

【0105】この形態では、TCPのようなエンド-エンド間でフローコントロールを行っているようなユーザに対しても保証帯域を与えることが可能となり、かつ未使用帯域を他のユーザ間で有効活用することが可能である。また、この形態では第1、4の実施の形態と比

べて階段予測部を有するので、帯域予測関数の係数を動的に変更せずにすみ演算が簡単となる効果がある。

【0106】(第2.1の実施の形態)本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について説明する。この形態は請求項25、請求項37に対応する。この形態は、第2の実施の形態の変形例であり、第2の実施の形態との違いは帯域要求受信部20及びトラヒック観測部10にある。

【0107】この形態では、帯域要求受信部20は、受信するセル数を回線毎の申告値を受信する時間で除することで正規化する。また、トラヒック観測部10は観測するセル数を回線毎の使用帯域の識別間隔の時間で除することで正規化する。このため、帯域割当等の周期が変動しても正常に帯域を予測して割り当てることが可能である。

【0108】(第2.2の実施の形態)本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について説明する。この形態は請求項26、請求項38に対応する。この形態は、第2の実施の形態の変形例である。第2の実施の形態と違う部分について説明する。この形態では、階段予測部32が用いる $V_{min}$ が、使用可能な共用帯域全体、もしくは使用可能な共用帯域全体を帯域割当要求の予測値が正の回線数で割った帯域、もしくは使用可能な共用帯域全体に各回線の保証帯域を乗じ帯域要求の予測値が正の回線の保証帯域の和で除した値、もしくは使用可能な共用帯域全体に各階線の保証帯域を乗じ全回線の保証帯域の和で除した値であることを特徴としている。

【0109】このため、この形態では、第2の実施の形態に比べて迅速に使用帯域が増加した回線に対して帯域を与えることができる。ここで、使用可能な共用帯域の大きさは、動的に保証すべき帯域の割当の余りである本来の余剰帯域の和とする。又は、使用帯域として、例えばB-PONのDBAを行う場合、固定的に回線(T-CONT)に帯域を割り当てるべき「Fixed Bandwidth」を除いた値を用いるとする。後者の場合、使用可能な共用帯域の算出が固定的であるので、演算が簡易化できる効果がある。

【0110】(第3の実施の形態)本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について、図11を参照して説明する。図11はこの形態の線形予測部の動作を示すフローチャートである。この形態は、第2の実施の形態の変形例である。この形態では、線形予測部31の動作が図11に示すように変更されている。なお、図11において図6と対応するステップは同一の番号を付けて示してある。

【0111】すなわち、図11におけるステップS43B及びS47Bの処理が図6と異なっている。第2の実施の形態と同一の部分については以下の説明を省略する。第2の実施の形態においては、申告値のキュー長の

最大値がバッファ長に比べて著しく小さくかつ申告周期と割当周期との間にずれがある場合には、割当要求帯域予測値に振動が発生する可能性がある。

【0112】この理由は次の通りである。(1)入力トラヒックが保証帯域を超えて急増すると、(2)割当帯域が周期遅れで増加し(始めの2周期分の割当帯域が同一)、やがて(3)入力帯域をオーバーシュートする。ここで(入力帯域<出力帯域)となり、(4)入力トラヒックに加えてバッファの蓄積分が申告される。バッファ蓄積分のセル送出後は(入力帯域=出力帯域)となり、(5)送出セル数は前割当周期と比べてバッファ蓄積分のセル分だけ減少する。

【0113】(6)この減少傾向が次の帯域予測に適用され、入力帯域より少ない帯域が割当てられ、(入力帯域>出力帯域)となるためにバッファにセルが蓄積する。以降は振動が続く。この形態では、振動の発生を抑制できる。この形態では、入力トラヒックが減少していないにも関わらず必要以上に割当要求帯域を低く見積もるのを回避するために、割当帯域が前回割当帯域よりも減少した場合の処理(S47B)を変更してある。

【0114】線形予測部31では割当帯域を計算するためには前々回および前回割当周期の使用セル数に基づいて一次関数により帯域予測を行うが、この一次関数の傾きが負である場合にはステップS47Bで次回割当周期の予測帯域として前々回割当周期の使用セル数を採用する。このため第2の実施の形態の場合と比べて、割当帯域の減少を遅らせることになるため、割当帯域の過剰な減少を抑制することができる。

【0115】一方、もし入力帯域が減少しているならば使用帯域は減少したままであるので、この使用セル数を基に計算する帯域が減少することになり、適切に割当要求帯域の予測値を減少させることができる。なお、図11において、

$v(0)$ : 前回割当周期のOLT受信セル数

$v(-1)$ : 前々回割当周期のOLT受信セル数

$\alpha$ : 帯域増加係数

である。

【0116】この形態では、入力トラヒックの帯域が一定しているならば、安定した出力を行うことができる。

(第4の実施の形態)本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について、図12及び図13を参照して説明する。図12はこの形態の帯域予測部の構成を示すブロック図である。図13はこの形態の帯域予測部の状態遷移を示す状態遷移図である。

【0117】この形態は、第2の実施の形態の変形例である。帯域予測部30の構成が図12のように変更され、帯域予測部の状態遷移に関する動作が図13のように変更されている。変更のない部分については、以下の説明を省略する。図12に示すように、この形態では帯域予測部30の選択部33に全使用識別部36が追加さ

れている。

【0118】全使用識別部36は、帯域割当周期(T)の過去N1回において、割り当てた帯域の全てを使用した回数、又は割当を超過する申告が発生した回数を閾値N2と比較して全帯域が使用された頻度を回線毎に識別する。従って、選択部33の選択状態は図13に示すように遷移する。すなわち、過去N1回の割当周期中N2回以上の割当周期で割当帯域を全使用した回線、又は過去N3回の割当周期中N4回以上の申告周期で線形予測手段が予測した割当要求帯域を超過した申告値を受信した回線、又は全帯域使用後の過去L1回の割当周期中L2回以上の割当周期で未使用帯域がない回線について階段予測値を採用し、それ以外の回線に対しては線形予測値を採用する。

【0119】この形態では、割当帯域の全使用を確認するので、振動の発生を回避することができる。

(第5の実施の形態)本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について、図14及び図15を参照して説明する。図14はこの形態の帯域予測部の構成を示すブロック図である。図15はこの形態の帯域予測部の状態遷移を示す状態遷移図である。

【0120】この形態は、第2の実施の形態の変形例である。帯域予測部30の構成が図14のように変更され、帯域予測部の状態遷移に関する動作が図15のように変更されている。変更のない部分については、以下の説明を省略する。図14に示すように、この形態では帯域予測部30の選択部33に全使用識別部36及び継続回数識別部37が追加されている。

【0121】全使用識別部36は、帯域割当周期(T)の過去N1回において、割り当てた帯域の全てを使用した回数、又は割当を超過する申告が発生した回数を閾値N2と比較して全帯域が使用された頻度を回線毎に識別する。継続回数識別部37は、回線毎に選択部33が階段予測値を選択してからその状態が継続している間の連続予測回数を閾値Mと比較してその結果を出力する。

【0122】選択部33は予測値超過識別部34、未使用帯域識別部35、全使用識別部36及び継続回数識別部37の識別結果を利用して図15に示すように線形予測値又は階段予測値の選択を行う。すなわち、図15に示すように、過去N1回の割当周期中N2回以上の割当周期で割当帯域を全使用した回線、又は過去N3回の割当周期中N4回以上の申告周期で線形予測手段が予測した割当要求帯域を超過した申告値を受信した回線、又は階段予測値を選択した状態での帯域割当が連続的に継続している回数がM回以下の回線、又は全帯域使用後の過去L1回の割当周期中L2回以上の割当周期で未使用帯域がない回線について階段予測値を採用し、それ以外の回線に対しては線形予測値を採用する。

【0123】この形態では、階段予測値を選択する場合に、M回に相当する周期の間、階段予測値の選択状態を

維持することになる。従って、申告周期、観測周期及び帯域割当周期との間にずれが生じる場合であっても、帯域割当制御に発振が生じるのを抑制することができる。

【0124】(第6の実施の形態)本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について、図16を参照して説明する。この形態は請求項5及び請求項13に対応する。図16は、この形態の階段予測部の構成を示すブロック図である。この形態では、請求項5の保証帯域識別は保証帯域割当識別部323に対応する。

【0125】この形態は第2の実施の形態の変形例である。この形態では階段予測部32が図16に示すように変更されているが、それ以外の構成及び動作は第2の実施の形態と同様である。第2の実施の形態と同一の部分については以下の説明を省略する。図16に示す階段予測部32は、保証帯域以下予測部321、保証帯域以上予測部322及び保証帯域割当識別部323を備えている。

【0126】保証帯域割当識別部323は、現在の割当帯域を回線の保証帯域の閾値と比較し、割当帯域が保証帯域以下か超えるかを識別する。割当帯域が保証帯域以下の場合には、保証帯域割当識別部323は保証帯域以下予測部321の出力する割当要求帯域を選択し階段予測値として出力する。また、割当帯域が保証帯域を超える場合には保証帯域割当識別部323は保証帯域以上予測部322が出力する割当要求帯域を選択し階段予測値として出力する。

【0127】保証帯域以下予測部321は、回線の保証帯域、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び線形予測部31の線形予測値の中で最大値を選択し、それを割当要求帯域の予測値として出力する。保証帯域以上予測部322は、使用可能な共用帯域を全回線の保証帯域比で分割した帯域もしくは、使用可能な共用帯域を全回線数で除した帯域、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び線形予測部31の線形予測値の中の最大値を選択し、それを割当要求帯域の予測値として出力する。

【0128】ここで、使用可能な共用帯域とは、動的に保証すべき帯域の割当の余りである本来の余剰帯域の和、又は固定的に回線に割り当てべき帯域を除いた帯域である。従って、前回予測値が回線の保証帯域以下である場合には回線の保証帯域、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び線形予測値の中で最大の帯域が割当要求帯域として予測され、前回予測値が回線の保証帯域を超える場合には、使用可能な共用帯域を全回線の保証帯域比で分割した帯域、又は使用可能な共用帯域を全回線数で除した帯域、現在の使用帯域、現在の割当帯域及び線形予測値の中で最大の帯域が割当要求帯域として予測される。

【0129】この形態では、保証帯域を超過する帯域を割当要求している場合にもバースト的に増加する割当要求帯域に対応することが可能となり、より公平な余剰帯

域割当を実現することができる。

（第6.1の実施の形態）本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について説明する。この形態は請求項27、請求項39に対応する。この形態は、第6の実施の形態の変形例である。

【0130】この形態と第6の実施の形態との違いは、先行予測値が0である場合の処理にある。第6の実施の形態では線形予測から階段予測に移行する際に、先行予測値が保証帯域以下である場合は保証帯域以下予測部321の予測に遷移する。この形態では、先行予測値が0である場合に限り、先行予測値が保証帯域以下である場合も、保証帯域以下予測部321の予測に遷移する代わりに、保証帯域以上予測部322の予測に遷移するように変更した。

【0131】このため、帯域を使用していなかった回線に対する初期割当帯域を、第6の実施の形態のように保証帯域以下予測部321の予測に遷移する場合と比べてより速やかに、予測帯域を迅速に増大することが可能である。

（第7の実施の形態）本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について、図17を参照して説明する。この形態は請求項6～請求項8及び請求項14～請求項16に対応する。図17は、この形態の線形予測部の構成を示すブロック図である。

【0132】この形態は第2の実施の形態の変形例である。この形態では線形予測部31が図17に示すように変更されているが、それ以外の構成及び動作は第2の実施の形態と同様である。第2の実施の形態と同一の部分については以下の説明を省略する。図17に示す線形予測部31は、線形比例予測部311、差分予測部312及び加算部313を備えている。

【0133】線形比例予測部311は、前回及び前々回の回線の観測された使用帯域又は申告された割当要求帯域に線形比例する帯域を算出する。差分予測部312は、前回申告された割当要求帯域に係数を乗じて得られる値、又は前回申告帯域の前々回申告帯域に対する増加分（差分）に係数を乗じて得られる値を算出する。加算部313は、線形比例予測部311の出力と差分予測部312の出力とを加算した結果を線形予測値として出力する。

【0134】この形態では、観測値又は申告値に線形比例する値に、差分予測部312の出力する値を加算した結果が線形予測値として出力されるので、選択部33が線形予測値を選択している場合であっても、割当要求帯域の増大を第2の実施の形態よりも速やかに予測することができる。ここで、差分予測部312で用いる係数は、ONTで申告値が送出されてからその申告値がOLTでの帯域割当に反映されるまでの所要時間に比例し、帯域割当周期（T）などの制御周期の係数に定める。

【0135】例えば、ONTで申告値が送出されてから

その申告値がOLTでの帯域割当に反映されるまでに（3T）周期の遅延が生じる場合には、係数を3に定める。このため、申告情報を利用可能である場合には、第2の実施の形態と比べて、バースト的に増加する割当要求帯域に対応することが可能となり、より公平な余剰帯域割当を実現することができる。

【0136】（第7.1の実施の形態）本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について説明する。この形態は請求項32、請求項44に対応する。この形態は第7の実施の形態の変形例である。この形態と第7の実施の形態との違いは、差分予測部312の動作にある。この形態では、差分予測部312は割当要求帯域の申告値に線形比例する値を割当要求申告する周期あたりのセル数に換算して、被割当装置の有するバッファの長さを超過する場合に、割当要求申告する周期あたりの被割当装置の有するバッファ長に置き換えて用いることを特徴とする。このため、被割当装置の有するバッファ長を超過した無効な帯域割当を抑止することができる。

【0137】（第8の実施の形態）本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について図18を参照して説明する。この形態は請求項24、請求項36に対応する。この形態は第2の実施の形態の変形例である。この形態では、図18に示すように、線形予測部31は線形比例予測部311、加算部313及び帯域使用率観測部315を備えている。

【0138】帯域使用率観測部315は、前回割当を行った帯域に対する帯域使用率を算出する。線形比例予測部311は、算出された帯域使用率に基づいて使用帯域又は割当要求帯域に乗ずる係数を求め、結果を線形予測値として出力する。ここで、係数は使用率に対する関数により与えられ、使用率が小さいほど係数が小さな値になるようにする。

【0139】この形態では、帯域使用率により係数が変動するため、帯域使用率が低い場合には予測値の増加が抑制される。よって、係数を定数とする場合に比べて過剰な帯域割当を防止することができる。

（第9の実施の形態）本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について図19を参照して説明する。図19はこの形態の帯域予測部の状態遷移を示す状態遷移図である。この形態は、第2の実施の形態の変形例である。

【0140】この形態では、線形予測から階段予測への状態遷移は、トラヒック観測部により割当帯域が全て使用される場合、又は線形予測部による予測値が0である状態において使用帯域又は申告値が1セルでもあるとトラヒック観測部が識別した場合の少なくとも一方が真である場合に発生する。階段予測から線形予測への遷移は、トラヒック観測部により割当帯域が全て使用されない場合か、階段予測部による予測値を使用帯域が超過し

ない場合の少なくとも一方が真である場合に発生する。  
なお、ここで用いる超過識別部は、予測帯域が0である場合を除き、その他の予測帯域での申告値の予測帯域に対する超過・未超過は識別対象としていない。

$$\text{alloc}(t) = \max(\text{recv.idle}(t) \times \alpha, \text{recv.data}(t) + \text{que}(t) \times \beta, \gamma) \quad (5)$$

ここで、 $\text{recv.data}(t)$ は帯域割当周期 $t$ にて帯域予測部での処理に用いることが可能になるトラヒック観測部の検出した使用帯域（時間あたりのセル数表示）、 $\text{recv.idle}(t)$ は帯域割当周期 $t$ にて帯域予測部での処理に用いることが可能になる未使用セル数、 $\text{que}(t)$ は帯域割当周期 $t$ にて帯域予測部での処理に用いることが可能になる帯域割当要求の申告値（キュー長）、 $\max(a, b, \dots)$ は最大値、 $\text{alloc}(t)$ は帯域割当周期 $t$ での帯域予測部の処理の結果予測値として出力する割当帯域（時間あたりのセル数表示）を表す。

【0142】なお、この形態では $(\text{recv.data}(t))$ 、 $(\text{recv.idle}(t))$ 、 $(\text{que}(t))$ 、 $(\text{alloc}(t))$ の添え字の $(t)$ については、帯域予測部での予測処理に着目して表してあり、帯域割当周期 $t$ における帯域予測部での処理の入力と出力とを同一の添え字として示してある。すなわち、帯域割当周期の $t$ 番目の期間 $\#t$ で帯域予測部にて予測処理をする際に、帯域割当周期の $\#(t-1)$ の期間までのトラヒック観測部での検出及び帯域要求受信部での申告値を用いて、帯域割当周期の $\#(t+1)$ の期間での割当帯域を予測する場合の各値を意味する。従って、この場合には $(\text{recv.data}(t))$ 、 $(\text{recv.idle}(t))$ の各々の値は、実際には $(\text{alloc}(t-2))$ で割り当てた帯域の使用状況を示している。従って、同一の添え字を付けてあるが $(\text{recv.data}(t))$ 、 $(\text{recv.idle}(t))$ と $(\text{alloc}(t))$ のタイミングは帯域割当周期の2周期分だけずれている。

【0143】この帯域予測式における $\alpha$ の項は帯域使用率に基づいて次の帯域を予測するものである。 $\text{recv.idle}(t)$ が0であれば帯域が増加傾向であると判定し、 $\alpha$ を大きい値（例えば1.5）とし、 $\text{recv.idle}(t)$ が正であれば定常状態又は減少状態にあると判定して $\alpha$ を小さい値（例えば1.1）とする。 $\beta$ の項は、入力帯域の急激な増加に対して速やかに反応するためのものである。 $\beta$ はBPONにおけるONT等の被帯域割当装置のバッファに入力セルが蓄積した場合における割当帯域の補正を行うパラメータである。バッファにセルが蓄積するということは、（入力帯域<割当帯域）となっているので割当帯域の不足分を申告値のキュー長から推定し割当帯域に加算する。

【0144】入力帯域、割当帯域がこのまま継続的に同じ値をとるとすれば、変更した割当帯域を反映できるまでに割当遅延に相当する帯域割当周期の3周期分（セルが蓄積し始めてから反映し始めるまでの既蓄積の2周期分と帯域割当周期における過剰分の1周期分）程度の帯域を割り当てることが妥当である。 $\gamma$ は、階段予測部と

【0141】従って、この形態では予測帯域に観測用の帯域を付与した帯域での帯域予測式は次のように表すことができる。

して所定の帯域P.GUB（例えば保証帯域、最大帯域、保証帯域から固定的に割当を除いた帯域）以下で入力帯域が増加傾向のときに保証帯域等の所定の帯域分の帯域割当を行うものである。なお、 $\gamma$ を0とする場合でも観測用の帯域が必要な場合は該当分の帯域とする。

【0145】 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ を動的に変更する一例として、例えば以下のような組み合わせを用いる。

「 $(\text{recv.data}(t)) > 0$ 」かつ「 $(\text{recv.idle}(t)) = 0$ 」ならば、

$$\alpha = 1.5, \beta = 2.5, \gamma = (P.GUB)$$

「 $(\text{recv.data}(t)) > 0$ 」かつ「 $(\text{recv.idle}(t)) > 0$ 」ならば、

$$\alpha = 1.1, \beta = 2.5, \gamma = 0$$

「 $(\text{recv.data}(t)) = 0$ 」ならば、

$$\alpha = 1.5, \beta = 2.5, \gamma = 0$$

この形態では、帯域使用率に基づいて次の帯域の増加分の予測を調整しているため、帯域の無駄な割当を減少させることができる。また、申告値であるキュー長により割当帯域を補正することにより、急激な割当要求帯域の増加に対して帯域割当までの遅延時間を減少させる効果がある。

【0146】この形態では、第2の実施の形態に比べて使用帯域又は申告値が1セルでもあると超過識別部が識別した場合に階段予測に遷移するため、未使用帯域がある状態で真の割当帯域が増加しキュー長が増加する場合にも対処することができる。

（第10の実施の形態）本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について、図20、図22、図23を参照して説明する。この形態は請求項17、請求項18に対応する。図20はこの形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。図22はこの形態の帯域割当装置の構成を示すブロック図である。

【0147】この形態では、請求項17のトラヒック観測手段、帯域要求受信手段、帯域予測手段及び帯域割当手段は、それぞれトラヒック観測部10、帯域要求受信部20、帯域予測部30及び帯域割当部40に相当する。

【0148】第1の実施の形態と同様に、この形態の帯域割当装置はトラヒック観測部10、帯域要求受信部20、帯域予測部30及び帯域割当部40を備えている。帯域割当部40は、帯域予測部30が予測した帯域の大きさ（現時点で必要とされる帯域）に応じて回線毎に帯域を割り当てる。トラヒック観測部10は、回線毎に帯域割当部40が割り当てた帯域及びその回線を実際に流



れているトラヒックの量、即ち帯域の使用状況を観測する。

【0149】帯域要求受信部20は、顧客などから入力される回線毎の割当要求帯域の申告値を受信する。帯域予測部30は、トラヒック観測部10の観測により得られた使用帯域の情報及び帯域要求受信部20が受信した割当要求帯域の申告値の少なくとも一方と帯域割当部40の過去の割当帯域とに基づいて、現在の割当要求帯域を予測する。

【0150】帯域予測部30の予測した帯域が帯域割当部40によって各回線に割り当てられる。この形態と第1の実施の形態との違いは、帯域予測処理にある。この形態における帯域予測部30の具体的な動作については、図20に示すような動作が考えられる。この動作例では、一定の周期毎に帯域予測を繰り返し実施する場合を想定している。また、予測に用いる値は所定の周期（帯域割当周期）毎に切り替えるように動作を簡易化する場合を想定している。

【0151】この形態では、帯域割当部40による割当帯域が一時的に1セルも無くなった場合に、帯域予測部

$$\text{alloc}(t) = \max(\text{recv.data}(t) \times \alpha_1 + \alpha_2, \text{recv.data}(t) + \text{que}(t) \times \beta, \gamma)$$

$\text{recv.data}(t)$ ：帯域割当周期 $t$ にて帯域予測部での処理に用いることが可能になるトラヒック観測部の検出した使用帯域（時間当りのセル数表示）

$\text{recv.idle}(t)$ ：帯域割当周期 $t$ にて帯域予測部での処理に用いることが可能になる未使用セル数

$\text{que}(t)$ ：帯域割当周期 $t$ にて帯域予測部での処理に用いることが可能になる帯域割当要求の申告値（キュー長）

$\max(a, b, \quad)$ ：最大値

$\text{alloc}(t)$ ：帯域割当周期 $t$ での帯域予測部の処理の結果予測値として出力する割当帯域（時間当りのセル数表示）

なお、この形態では $\langle \text{recv.data}(t) \rangle$ 、 $\langle \text{recv.idle}(t) \rangle$ 、 $\langle \text{que}(t) \rangle$ 、 $\langle \text{alloc}(t) \rangle$ の添え字の $(t)$ については、帯域予測部での予測処理に着目して表してあり、帯域割当周期 $t$ における帯域予測部での処理の入力と出力とを同一の添え字として示してある。すなわち、帯域割当周期の $t$ 番目の期間 $\#t$ で帯域予測部にて予測処理をする際に、帯域割当周期の $\#(t-1)$ の期間までのトラヒック観測部での検出及び帯域要求受信部での申告値を用いて、帯域割当周期の $\#(t+1)$ の期間での割当帯域を予測する場合の各値を意味する。従って、この場合には $\langle \text{recv.data}(t) \rangle$ 、 $\langle \text{recv.idle}(t) \rangle$ の各々の値は、実際には $\langle \text{alloc}(t-2) \rangle$ で割り当てた帯域の使用状況を示している。従って、同一の添え字を付けてあるが $\langle \text{recv.data}(t) \rangle$ 、 $\langle \text{recv.idle}(t) \rangle$ と $\langle \text{alloc}(t) \rangle$ のタイミングは帯域割当周期の2周期分だけずれている。

【0154】なお、図20はセル単位で予測する場合の

30の予測帯域が不必要に変動するのを防止するように制御している。以下、図20を参照して説明する。なお、帯域は時間当たりのセル数を単位として表してある。またこの処理は回線毎に実施する。

【0152】なお、フラグ $\text{alloc.flag}$ の初期値は0とし、この値は帯域割当周期毎の隣接する期間の間で引き継ぐものとする。また、回線に対して回線の使用帯域の予測値である割当帯域 $\langle \text{alloc}(t) \rangle$ を0以外として予測し帯域を割当てた場合には、図20のステップS70で $\langle \text{alloc.flag} = 1 \rangle$ とし、ステップS62の条件を満たした場合に $\langle \text{alloc.flag} = 0 \rangle$ にする。また、 $\langle \text{alloc}(t-2) \rangle$ が予測した割当帯域である前々回の帯域割当周期で帯域割当が無いために $\langle \text{recv.data}(t) = 0 \rangle$ である場合には、フラグ $\text{alloc.flag}$ の値が変更されないのので $\langle \text{alloc}(t-1) \rangle$ が予測した割当帯域である前回の帯域割当周期での使用帯域が正であり、フラグ $\text{alloc.flag} = 1$ の場合にはステップS64の分岐条件に応じて帯域割当が実施される。

【0153】図20における帯域予測式は次の通りである。

(6)

例であるため。S69では切り上げるために第(6)式の右辺を切り上げを意味する $\text{ceil}()$ で処理している。ここで、係数 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ については線形予測の場合と階段予測の場合とで設定値が異なる。例えば、線形予測では $(\alpha_1, \alpha_2, \gamma)$ を $(1, 2, 0)$ とし、階段予測では $(\alpha_1 = 2, \alpha_2 = 10, \gamma = P.GUB)$ とする。

【0155】変数 $\gamma$ は、階段予測の際に所定の帯域 $P.GUB$ （例えば保証帯域、最大帯域、保証帯域から自動的に割当を除いた帯域）以下で入力帯域が増加傾向の時に保証帯域などの所定の帯域分の帯域割当を行うために用いている。係数 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の決定に関する線形予測と階段予測の遷移条件を以下に示す。

【0156】 $\langle \text{recv.data}(t) = 0 \rangle$ かつ $\langle \text{que}(t) = 0 \rangle$ かつ $\langle \text{alloc.flag} = 0 \rangle$ の場合には $\text{alloc}(t) = 0$   
 $\langle \text{recv.data}(t) > 0 \rangle$ の場合には、  
 $\langle \text{recv.idle}(t) = 0 \rangle$ ならば $(\alpha_1 = 2, \alpha_2 = 10, \beta = 2.5, \gamma = P.GUB)$   
 $\langle \text{recv.idle}(t) > 0 \rangle$ ならば $(\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 2, \beta = 2.5, \gamma = 0)$

$\langle \text{recv.data}(t) = 0 \rangle$ の場合には、  
 $(\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 10, \beta = 2.5, \gamma = P.GUB)$   
 この形態では、前記第9の実施の形態と異なり、 $(\gamma = 0)$ とした場合に観測用の帯域を加算すべき割当周期の出現頻度を低減することが可能である。

【0157】なお、図20では回線が使用するであろうと予測される帯域を割当帯域 $\text{alloc}(t)$ として予測する場

合を想定している。このため、有効な回線の割当要求帯域の申告値が到着せずにかつ使用帯域が0である場合には、第2の実施の形態の場合と同様に所定の間隔で割当要求帯域の増加を監視するための帯域を図20に示される割当帯域alloc(t)の出力に付与する必要がある。

【0158】そこで、図23に示すように回線が使用するであろうと予測される帯域が、所定の間隔で割当要求帯域の増加を監視するための帯域P、UMに満たない場合には、割当帯域をP、UMに置き換える。明示的に割当帯域alloc(t)の値を変更する場合には、alloc.flagを変更しない位置で、すなわち図23に示すように図20のステップS72と「終了」との間にステップS721、S722を挿入し、割当帯域alloc(t)が帯域P、UMに満たない場合には、割当帯域をP、UMの値に置き換える。P、UMの値については、この形態では割当要求帯域の増加を監視する間隔に応じて変更することを想定している。

【0159】例えば、割当要求帯域の増加を監視する間隔が帯域割当周期の4倍である場合には、セル単位で「1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, ...」と1つの「1」と3つの「0」からなる数列を用いて帯域割当周期毎に1ずつ数列の値を順番に取り出してP、UMの値を決定すればよい。この形態では、割当帯域alloc(t)を求めるために使用帯域recv.data(t)を用いている。また、簡易な条件分岐を目的として割当周期毎に周期毎の入力値を更新する場合を想定している。このため、使用帯域recv.data(t)は帯域の割当がなければ0になり、結果として割当帯域alloc(t)は0になってしまう。

【0160】即ち、帯域が割り当てられない期間が存在し、帯域を割り当てられる期間が帯域割当周期の2の倍数である場合、2周期前の使用帯域を基準に帯域を割り当てるので、帯域割当周期の2周期前の期間に帯域割当が無ければ使用帯域も0となり、帯域が割り当てられない期間が発生する。このため、帯域割当周期毎に「割当あり」と「割当なし」とが交互に現れる結果となる。

【0161】そこで、この形態では、使用帯域recv.data(t)が0の場合に、その理由が帯域の未割当なのか送出すべきセルがないのかを、当該帯域割当周期に対する帯域割当の有無として帯域割当部40からの入力をもとに識別する。

【0162】そして、割当帯域を使用した回線で当該帯域割当周期において帯域が未割当のために使用帯域が0であるものは、使用帯域が非0であるとして要求帯域予測を帯域予測部30にて行う。この識別のために、フラグalloc.flagを用いている。フラグalloc.flagには前の帯域割当周期において帯域割当を行ったか否かを記録し、要求帯域があるか否かを識別するために用いる。

【0163】なお、このフラグalloc.flagは前述の第9の実施の形態に示す帯域予測式に適用することも可能である。また、この形態では第9の実施の形態の帯域予測

式と比べて、 $\alpha$ を使用CS数に係数 $\alpha_1$ をかけた値の代わりに、使用CS数に係数 $\alpha_1$ をかけた値と所定の定数 $\alpha_2$ との和を用いているため、要求帯域が増加する際には大きく帯域を予測し、予測帯域が収束する部分において過剰に予測しないようにすることができる。このため、不必要に過剰に要求帯域を多く見積もらない効果もある。

【0164】以上示したように、この形態では所定の割当周期毎に値を引き継ぐことなく計算し、かつ割当帯域が無い周期がある場合においても誤ることなく帯域予測することができる。

(第11の実施の形態) 本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について、図1及び図21を参照して説明する。この形態は、請求項19及び請求項20に対応する。図21はこの形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。

【0165】この形態では、請求項19のトラヒック観測手段、帯域要求受信手段、帯域予測手段及び帯域割当手段は、それぞれトラヒック観測部10、帯域要求受信部20、帯域予測部30及び帯域割当部40に対応する。図1に示すように、この形態の帯域割当装置はトラヒック観測部10、帯域要求受信部20、帯域予測部30及び帯域割当部40を備えている。

【0166】帯域割当部40は、帯域予測部30が予測した帯域の大きさ（現時点で必要とされる帯域）に応じて回線毎に帯域を割り当てる。トラヒック観測部10は、回線毎に帯域割当部40が割り当てた帯域及びその回線を実際に流れているトラヒックの量、即ち帯域の使用状況を観測する。帯域要求受信部20は、顧客などから入力される回線毎の割当要求帯域の申告値を受信する。

【0167】帯域予測部30は、トラヒック観測部10の観測により得られた使用帯域の情報及び帯域要求受信部20が受信した割当要求帯域の申告値の少なくとも一方に基づいて、現在の割当要求帯域を予測する。帯域予測部30の予測した帯域が、帯域割当部40によって各回線に割り当てられる。

【0168】この形態のトラヒック観測部10の動作は、第10の実施の形態とは少し異なっている。この形態では、トラヒック観測部10の観測した特定の期間（帯域割当周期の期間）に対して割当帯域が無い場合には、トラヒック観測部10は出力する観測値を更新せず、過去の観測値を最新の観測値としてそのまま出力する。また、帯域予測は第10の実施の形態と同様に所定の周期で繰り返し実施する。また、予測に用いる値は所定の周期単位で切り替える。

【0169】この形態では、トラヒック観測部10の出力する観測値が予め補正されているので、帯域予測のために割当帯域が0か否かを識別する必要はない。即ち、この形態の帯域予測動作ではフラグalloc.flagを用いる



必要はなく、帯域予測動作は図21に示すように図20と比べて簡略化される。図21における帯域予測式は次

$$\text{alloc}(t) = \max(\text{recv.data}(t) \times \alpha_1 + \alpha_2, \text{recv.data}(t) + \text{que}(t) \times \beta, \gamma)$$

但し、

(recv.data(t)=0)かつ(que(t)=0)の場合はalloc(t)=0

(recv.data(t)>0)の場合には、

(recv.idle(t)=0)ならば ( $\alpha_1=2$ ,  $\alpha_2=10$ ,  $\beta=2.5$ ,  $\gamma=P.GUB$ )

(recv.idle(t)>0)ならば ( $\alpha_1=1$ ,  $\alpha_2=2$ ,  $\beta=2.5$ ,  $\gamma=0$ )

(recv.data(t)=0)の場合には、

( $\alpha_1=2$ ,  $\alpha_2=10$ ,  $\beta=2.5$ ,  $\gamma=P.GUB$ )

但し、

alloc(t): 帯域割当周期tでの帯域予測部の処理の結果予測値として出力する割当帯域(時間当りのセル数表示)

recv.data(t): 帯域割当周期tにて帯域予測部での処理に用いることが可能になるトラヒック観測部の検出した使用帯域(時間当りのセル数表示)

recv.idle(t): 帯域割当周期tにて帯域予測部での処理に用いることが可能になる未使用セル数

que(t): 帯域割当周期tにて帯域予測部での処理に用いることが可能になる帯域割当要求の申告値(キュー長)  
max(a, b, ): 最大値

なお、この形態では(recv.data(t)), (recv.idle(t)), (que(t)), (alloc(t))の添え字の(t)については、帯域予測部での予測処理に着目して表してあり、帯域割当周期tにおける帯域予測部での処理の入力と出力とを同一の添え字として示してある。すなわち、帯域割当周期のt番目の期間#tで帯域予測部にて予測処理をする際に、帯域割当周期の#(t-1)の期間までのトラヒック観測部での検出及び帯域要求検出部での申告値を用いて、帯域割当周期の#(t+1)の期間での割当帯域を予測する場合の各値を意味する。従って、この場合には(recv.data(t)), (recv.idle(t))の各々の値は、実際には(alloc(t-2))で割り当てた帯域の使用状況を示している。従って、同一の添え字を付けてあるが(recv.data(t)), (recv.idle(t))と(alloc(t))のタイミングは帯域割当周期の2周期分だけずれている。

【0171】また、変数 $\gamma$ は階段予測の際に所定の帯域P.GUB(例えば保証帯域、最大帯域、保証帯域から固定的に割当を除いた帯域)以下で入力帯域が増加傾向のときに保証帯域等の所定の帯域分の帯域割当をおこなうために用いている。なお、図21の例では回線が使用するであろうと予測される帯域を割当帯域(alloc(t))として予測している。このため、有効な回線の割当要求帯域の申告値が到着せずにかつ使用帯域が0である場合には

の通りである。

【0170】

(7)

第10の実施の形態と同様に所定の間隔で割当要求帯域の増加を監視するための帯域を図21における割当帯域(alloc(t))の出力に付与する必要がある。そこで、図20に対する図23と同様の処理を付加することも可能であるが、ステップS85及びS86の定数項である $\alpha_2$ よりもP.UMが大きくない場合には、図21のステップS83において「alloc(t) $\leftarrow$ 0」を「alloc(t) $\leftarrow$ P.UM」に置き換える。

【0172】この形態では、第10の実施の形態と同様に、 $\gamma$ を0とした場合に、観測用の帯域を加算すべき割当周期の出現頻度を低減することが可能である。以上のように、この形態では、第10の実施の形態に比べて簡易な動作の帯域予測部30の動作により同様の効果を得ることができる。

(第12の実施の形態)本発明のもう1つの実施の形態について説明する。この形態は第11の実施の形態の変形例であり、トラヒック観測部10の動作のみが次のように変更されている。

【0173】この形態では、割当帯域が0の期間(1割当周期の期間)T(0)では、割当帯域が0以外のBxであった過去の期間T(-n)から現在の期間T(0)までの経過時間(n $\times$ 割当周期)を用いて、(Bx/経過時間)をトラヒック観測部10が使用帯域として出力する。但し、帯域予測部30に引き渡す値が整数のセル数に限定されているか又は帯域予測部30で用いる値がセル数でありかつ使用帯域が1セル未満となる場合には1セルとして出力する。

【0174】このため、第10の実施の形態及び第11の実施の形態のように、実状よりも多い使用帯域値ではなく、真の使用帯域を用いるため、予測値が過剰となる可能性を軽減する効果がある。

(第13の実施の形態)本発明のもう1つの実施の形態について説明する。この形態は第10の実施の形態の変形例であり、図20のステップS66の判断式が変更されている。第10の実施の形態では、ステップS66の判断式は

(recv.idle(t)=0)又は(recv.data(t)=0)の場合、( $\alpha_1=2$ ,  $\alpha_2=10$ ,  $\beta=2.5$ ,  $\gamma=P.GUB$ )

それ以外の場合、( $\alpha_1=1$ ,  $\alpha_2=2$ ,  $\beta=2.5$ ,  $\gamma=0$ )であった。

【0175】これの代わりにこの形態では

(recv.idle(t)=0)の場合、( $\alpha_1=2$ ,  $\alpha_2=10$ ,  $\beta=2.5$ ,  $\gamma=P.GUB$ )

(recv.idle(t)>0)の場合、( $\alpha_1=1$ ,  $\alpha_2=2$ ,  $\beta=2.5$ ,  $\gamma=0$ )

となっている。このため、第10の実施の形態と異なり、帯域使用があった次の帯域割当周期の期間において帯域割当が無い場合に常に階段予測をしないため、不必要な帯域割当が削減できる効果がある。

【0176】(第14の実施の形態)本発明のもう1つの実施の形態について説明する。この形態は第10の実施の形態の変形例であり、図20又は図23のステップS66に相当する判断式が変更されている。図24にこの形態の動作例を示す。図24においては、図23のステップ66の判断式に相当する部分がステップS66A、S66Bに変更され、それらの判断の結果が3つのステップS67A、S67B、S68に変更されている。

【0177】第10の実施の形態では、ステップS66の判断式は

$(\text{recv.idle}(t)=0)$  又は  $(\text{recv.data}(t)=0)$  の場合、 $(\alpha=2, \alpha=10, \beta=2.5, \gamma=P.GUB)$

それ以外の場合、 $(\alpha=1, \alpha=2, \beta=2.5, \gamma=0)$  であった。

【0178】これの代わりにこの形態では

$(\text{recv.idle}(t)=0)$  かつ  $(\text{recv.data}(t)>0)$  の場合、 $(\alpha=2, \alpha=10, \beta=2.5, \gamma=P.GUB)$

$(\text{recv.idle}(t)=0)$  かつ  $(\text{recv.data}(t)=0)$  の場合、 $(\alpha=1, \alpha=2, \beta=2.5, \gamma=0)$

$(\text{recv.idle}(t)>0)$  かつ  $(\text{recv.data}(t)>0)$  の場合、 $(\alpha=1, \alpha=2, \beta=2.5, \gamma=0)$

となっている。

【0179】そのため、この形態では帯域使用があった次の帯域割当周期の期間において帯域割当が無い場合に常に階段予測をせず、第13の実施の形態よりも少なく予測して割り当てるためより無効な帯域割当を削減できる効果がある。

(第15の実施の形態)本発明のもう1つの実施の形態について説明する。この形態は第14の実施の形態の変形例である。この形態の動作例を図25に示す。

【0180】図25においては、ステップS67C及びそれに続く処理の部分が次のように変更されている。すなわち、この形態のステップS67CではステップS69(第(6)式)の計算を行う代わりに、そのまま直前の帯域割当周期の期間における割当帯域( $\text{alloc}(t-1)$ )を用いる。つまり、割当帯域( $\text{alloc}(t-1)$ )を今回の帯域割当周期の期間における割当帯域( $\text{alloc}(t)$ )とする。

【0181】そのため、この形態では、帯域使用があった次の帯域割当周期の期間において、帯域割当が無い場合に常に階段予測をすることもない。更に、直前の予測での割当値( $\text{alloc}(t)$ )に従って割り当てするので、第13の実施の形態第及び14の実施の形態と比べて、帯域割当周期の隣接する期間で割り当てる帯域が大きく上下に振動する可能性も小さくなる。

【0182】(第16の実施の形態)本発明の帯域割当

装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について、図1及び図26を参照して説明する。この形態は第1の実施の形態の変形例である。図26はこの形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。この形態と第1の実施の形態とは帯域予測処理が異なる。この形態における帯域予測部30の具体的な動作については、図26に示した動作が考えられる。この動作例では、一定の周期(帯域割当周期)で帯域予測を繰り返し実施する場合を想定している。

【0183】この形態では、帯域割当周期のj番目の割当期間( $\text{BAP}\#(j)$ )での予測に使用可能な情報は1周期前の割当期間( $\text{BAP}\#(j-1)$ )までの各期間( $\text{BAP}\#(k)$ )での使用帯域( $\text{recv.data}(k)$ )、割り当てされたが使用しなかった未使用帯域( $\text{recv.idle}(k)$ )、現在の割当期間( $\text{BAP}\#(k)$ )の終了時に未割当であり次の割当期間( $\text{BAP}\#(k+1)$ )に持ち越され申告値として申告される残留キュー長情報( $\text{que}(k)$ )であり、割当期間( $\text{BAP}\#(j)$ )で予測した予測帯域は1周期後の割当期間( $\text{BAP}\#(j+1)$ )で予測した割当帯域( $\text{alloc}(j+1)$ )として反映されることを想定している。

【0184】そこで、帯域割当周期のj+1番目の割当期間( $\text{BAP}\#(j+1)$ )で新たに入力すると予測される予測入力帯域 $\text{INPUT}(j+1)$ は、予測に使用可能な最新の入力帯域、すなわち直前の割当期間( $\text{BAP}\#(j-1)$ )での入力帯域にほぼ均衡すると予測する。割当期間( $\text{BAP}\#(j-1)$ )における入力帯域は、割当期間( $\text{BAP}\#(j-1)$ )における使用帯域とキュー長の伸び率との和に等しい。これは、キュー長が減少した場合にキュー長の減少分だけ割当期間( $\text{BAP}\#(j-1)$ )における使用帯域は入力帯域よりも多くなることを意味する。キュー長が増加した場合、入力帯域に対する実割当帯域( $\text{Determ}(j-1)$ )の不足分だけキュー長が増加しているの、使用帯域にキュー長増加分を加えたものが使用帯域である。

【0185】しかしながら、次の割当期間( $\text{BAP}\#(j+1)$ )の帯域を現在の割当期間( $\text{BAP}\#(j)$ )にて直前の割当期間( $\text{BAP}\#(j-1)$ )における使用帯域( $\text{recv.data}(j-1)$ )と申告値( $\text{que}(j-1)$ )を用いて予測するために誤差が発生する。そこで、申告値( $\text{que}(k)$ )が0から0以外に上昇し始めてから、割当遅延(この形態では帯域割当周期の2周期分)から1周期分を減算した時間 $T_h$ が経過した後のキュー長( $\text{que}(k)$ )を予測帯域に加算して予測する。

【0186】従って、図26における帯域予測式は次の通りである。 $\text{alloc}(j)=[\text{recv.data}(j-1)+\text{que}(j-1)-\text{que}(j-2)] \times \alpha 1 + \alpha 2 + \beta \times \text{que}(j-1)$ ここで、 $\alpha 1, \alpha 2$ は予測する直前の割当期間( $\text{BAP}\#(j-1)$ )での入力帯域よりも予測する直後の割当期間( $\text{BAP}\#(j+1)$ )の帯域を割り増し予測するための比例係数と加算分であり、この例では一定値とする。図26では、引継値 $X$ を用いて申告値が0になってから $T_h$ 回経過した場合のみ $\beta$ の値を1と

し、それ以外では0としている。

【0187】このように、この形態では帯域割当周期の直前の割当期間と同じ入力が入力の直後の割当期間にも回線に入力すると想定して、割当遅延に起因する固定的な残留キュー長は、割当遅延を考慮した割当期間にて残留キュー長に応じた帯域割当を行うので、過剰に割り当てる帯域を減らすとともに迅速な帯域割当が可能になる。

（第17の実施の形態）本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について、図22及び図27を参照して説明する。この形態は第2の実施の形態の変形例である。図27はこの形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。

【0188】この形態と第2の実施の形態とは帯域予測処理が異なる。この形態における帯域予測部30の具体的な動作については、図27に示した動作が考えられる。この動作例では、一定の周期（帯域割当周期）で帯域予測を繰り返し実施する場合を想定している。

【0189】この形態では、割当計算する対象である割当周期の期間に、回線に入力すると予測される帯域INPUTと当該割当周期の期間以前に割り当てられずに当該割当周期の期間まで持ち越される被割当装置のバッファ内の残留キュー長の予測値の和を割当の対象とする帯域として予測する。この形態では、帯域割当周期のj番目の割当期間(BAP#(j))での予測に使用可能な情報は1周期前の割当期間(BAP#(j-1))までの各期間(BAP#(k))での使用帯域(recv.data(k))、割り当てされたが使用しなかった未使用帯域(recv.idle(k))、現在の割当期間(BAP#(k))の終了時に未割当であり次の割当期間(BAP#(k+1))に持ち越され申告値として申告される残留キュー長情報(que(k))、割当期間(BAP#(k))にて実際に回線に対して割り当てた実割当帯域(Datam(k))であり、割当期間(BAP#(j))で予測した予測帯域は1周期後の割当期間(BAP#(j+1))で予測した割当帯域(alloc(j+1))として反映されることを想定している。

【0190】この形態では、第16の実施の形態と同様に、割当期間(BAP#(j+1))で回線に新たに入力すると予測される予測入力帯域INPUT(j+1)は、予測に使用可能な最新の入力帯域、すなわち直前の割当期間(BAP#(j-1))での入力帯域にほぼ均衡すると予測する。しかしながら、割当期間(BAP#(j))で回線間の競合などの理由により、割り当てべきと予測した割当帯域(alloc(j))に実際に割り当てた実割当帯域(detem(j))が満たない場合があり入力帯域の予測が合致しないことがある。

【0191】そこで、この形態ではキュー長の伸び率が停止した後に残留しているキューをまとめて割り当てる。従って、図27における帯域予測式は次の通りである。
$$\text{alloc}(j) = [\text{recv.data}(j-1) + \text{que}(j-1) - \text{que}(j-2)] \times \alpha 1 + \alpha 2 + \beta \times \text{que}(j-1)$$
ここで、 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ は予測する直

前の割当期間(BAP#(j-1))での入力帯域を用いて予測する直後の割当期間(BAP#(j+1))の帯域を割り増し予測するための比例係数と加算分であり、この例では一定値とする。

【0192】図27では、直前の割当期間(BAP#(j-1))とその前の割当期間(BAP#(j-2))での申告値que(-1)とque(-2)とを比較して一致した場合に( $\beta = 1$ )とし、それ以外では入力帯域と割当帯域とが合致していない状況と見なして( $\beta = 2$ )とする。このように、この形態では帯域割当周期の直前の割当期間と同じ入力が入力の直後の割当期間にて回線に入力すると想定するが、割当遅延や回線間競合などに起因する残留キュー長を、キューの伸びが静止してからまとめて割り当てるため、過剰に割り当てる帯域を減らしかつ迅速な帯域割当が可能になる。

【0193】（第18の実施の形態）本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について、図1及び図28を参照して説明する。この形態は第2の実施の形態の変形例である。図28はこの形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。前述の第10の実施の形態では割り当てた帯域の使用率のみに基づいて割り当てた帯域の状態が増加状態にあるのか安定状態にあるのかを判断して予測を行っている。また、この増加状態又は安定状態の判断にはトラヒック観測部の観測値である(recv.data(t))や(recv.idle(t))を用いている。

【0194】しかし、入力帯域の揺らぎや観測タイミングのずれにより、観測値である(recv.data(t))や(recv.idle(t))の値が揺らぐことがある。要求帯域が増加状態であることを検出するために割り当てている加算分の帯域( $\alpha 2$ に相当)が少ない場合、要求帯域が増加状態ではなくても観測値の揺らぎにより増加状態であると判断してしまうことがある。このような誤判断による予測帯域の増加は、無駄な帯域割当となり、帯域使用効率を低下させる原因となる。

【0195】観測値である(recv.data(t))や(recv.idle(t))による誤判断を防止する手段として過剰な帯域を増やすことが考えられる。しかし、過剰な帯域を増やすこと自体が帯域使用効率の低下につながるようになる。そこで、要求帯域が増加状態か安定状態にあるかの判断に用いる条件を追加して、不要に増加状態に移移することを抑制する。

【0196】この形態では、増加状態に移移することを抑制するために、キュー長増加量(que.inc(t))を用いる。キュー長増加量(que.inc(t))とは、ONTが申告する過去のキュー長及び最新のキュー長の差を割当帯域や使用帯域などで補正して得られる値である。この形態の動作は図28に示す通りである。

【0197】第10の実施の形態と同様に、図28のステップS182で要求帯域の増加状態及び安定状態の判

断をする。ステップS182で要求帯域が増加状態であると判断された場合には、次のステップS183でキュー長増加量 (que.inc(t)) を用いた判断を行う。ステップS183でキュー長増加量 (que.inc(t)) が0以上の値として定めた所定の閾値Th以上である場合には要求帯域が増加状態にあると判断し、閾値Th未満である場合には安定状態であると判断する。

【0198】観測値の揺らぎによって、被帯域割当装置内に存在する回線のためのバッファにはほとんど未割当のセルが滞留することはない。そのため、キュー長増加量 (que.inc(t)) が閾値以上にはならないので、ステップS183で判断することにより、誤判断による過剰な帯域予測を防止できる。

(第19の実施の形態) 本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について、図1、図29及び図30を参照して説明する。この形態は第2の実施の形態の変形例である。図29はこの形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。図30はこの形態における線形予測及び階段予測の抑制フラグに関する遷移条件を表す模式図である。

【0199】前述の第18の実施の形態ではキュー長増加量 (que.inc(t)) を用いて要求帯域が増加状態か安定状態かを判断している。しかし、有効な帯域割当要求の申告値が届かない回線に対してはキュー長増加量 (que.inc(t)) を使用できない。

【0200】そこで、この形態では図30に示すように予測処理において安定状態から増加状態へ遷移するのを抑制するように制御する。抑制する状態遷移は、安定状態 (線形予測の対象) から増加状態 (階段予測の対象) への遷移及び帯域の割当がない0割当状態から増加状態への遷移の2つである。第18の実施の形態では、これら2つの状態遷移をいずれもキュー長増加量 (que.inc(t)) で判断しているが、この形態では2つの状態遷移を分類可能なため、各々の状態遷移に対して個別に抑制のための閾値を与えて判断を行う。

【0201】この形態の動作は図29に示す通りであり、状態遷移時における抑制フラグの値の変化は図30に示す通りである。ここで、予測処理において安定状態から増加状態へと遷移するのを抑制するために抑制フラグ (restrict.flag) を設け、抑制フラグ (restrict.flag) の値に応じて増加状態及び安定状態の処理を選択するものとする。

【0202】また、抑制フラグ (restrict.flag) が参照する閾値としてTh1、Th2を0以上の値に定める。閾値Th1は安定状態から増加状態へ遷移するのを抑制する周期数を決定し、閾値Th2は0割当状態から増加状態へ遷移するのを抑制する周期数を決定する。予測処理が増加状態として行われた場合、図29のステップS193で抑制フラグ (restrict.flag) に増加状態であることを表す値(-1) が代入される。また、この

値はステップS182で前回の帯域割当周期における帯域割当状態を判断するのに使用する。前回の帯域割当周期に引き続き増加状態であると判断された場合には、継続して増加状態を維持することができる。しかし、いったん安定状態になると、ステップS1942で抑制フラグ (restrict.flag) に閾値Th1を代入する。これにより、次の帯域割当周期以降はステップS191の識別により、増加状態になるのを抑制する。このため、帯域割当要求がある場合には、帯域予測を安定状態のパラメータ ( $\alpha 1$ ,  $\alpha 2$ ,  $\gamma$ ) で行う。増加状態への遷移抑制はステップS196によって抑制フラグ (restrict.flag) の値が減算されて0になるまで継続される。

【0203】また、帯域割当がある状態から0割当状態へ遷移した場合には、0割当状態から増加状態への遷移を抑制する。0割当状態にある場合には、図29のステップS200で、抑制フラグ (restrict.flag) に閾値Th2を代入する。次の帯域割当周期以降で帯域の割当要求が発生した場合 (S62、S181の識別においていずれもYesと判断された場合) には、抑制フラグ (restrict.flag) が0になるまでは増加状態への状態遷移を抑制する。増加状態への遷移抑制は、ステップS196で抑制フラグ (restrict.flag) の値が減算されて0になるまで継続される。

【0204】この形態の制御によって、予測処理で不必要に増加状態へ遷移して過剰に帯域予測を行うのを防止できる。

(第20の実施の形態) 本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について、図22、図31を参照して説明する。この実施の形態は請求項22、請求項30、請求項34、請求項42に対応する。この形態は第2の実施の形態の変形例である。図31はこの形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。

【0205】請求項25のトラヒック観測手段、帯域要求受信手段、帯域予測手段及び帯域割当手段は、それぞれトラヒック観測部10、帯域要求受信部20、帯域予測部30及び帯域割当部40に相当する。図22に示すように、この形態の帯域割当装置はトラヒック観測部10、帯域要求受信部20、帯域予測部30及び帯域割当部40を備えている。

【0206】帯域割当部40は、帯域予測部30が予測した帯域の大きさ (現時点で必要とされる帯域) に応じて回線毎に帯域を割当てる。トラヒック観測部10は、回線毎に帯域割当部40が割り当てた帯域及びその回線を実際に流れているトラヒックの量、即ち帯域の使用状況を観測する。帯域要求受信部20は、顧客などから入力される回線毎の割当要求帯域の申告値を受信する。

【0207】帯域予測部30は、トラヒック観測部10の観測により得られた使用帯域の情報及び帯域要求受信

部20が受信した割当要求帯域の申告値の少なくとも一方と帯域割当部40の過去の割当帯域とに基づいて、現在の割当要求帯域を予測する。帯域予測部30の予測した帯域が、帯域割当部40によって各回線に割当てられる。この形態と第2の実施の形態とは帯域予測処理が異なっている。この形態における帯域予測部30の具体的な動作については図31に示した動作が考えられる。

【0208】図31の動作例では、一定の周期（帯域割当周期）毎に帯域予測を繰り返し実施する場合を想定している。この形態では、割当計算する対象である帯域割当周期に、回線に入力すると予測される帯域INPUTと、帯域割当周期の該当する割当期間以前に割り当てられずに前記割当期間まで持ち越される被割当装置のバッファ内の残留キュー長の予測値の和を割当対象の帯域として予測する。

【0209】この形態では、帯域割当周期のj番目の期間（BAP(#j)）での予測に使用可能な情報は、1周期以前の帯域割当周期（BAP(#j-1)）までの各期間（BAP(#k)）での使用帯域recv.data(k)、割り当てされたが使用しなかった未使用帯域recv.idle(k)、該当する期間（BAP(#k)）終了時に未割当であり次の帯域割当周期の期間（BAP(#k+1)）に持ち越され申告値として申告される残留キュー長情報que(k)及び帯域割当周期の期間（BAP(#k)）で実際に回線に帯域割当部が割り当てた実割当帯域detem(k)と

$$\begin{aligned} \text{Preque}(j) &= \max(\text{buff}, \min(0, \text{que}(j-1) + \text{alloc}(j) - \text{detem}(j))) & \dots (A1) \\ \text{Preque}(j) &= \max(\text{buff}, \min(0, \text{que}(j-1) + \max(0, \text{alloc}(j) - \text{detem}(j)))) & \dots (A2) \end{aligned}$$

ここで、(buff)は被割当装置にて当該回線が使用できるキュー長の最大値を意味する。(buff)と比較して小さい方の値を取っているのは、使用可能なキュー長の最大値を超えて過剰にキュー長を大きく予測しないためである。また、0と比較して大きい方の値を取っているのは、キュー長は負数にはならないからである。

【0213】また、後者の式(A2)において(alloc(j)-detem(j))と0との中の最大値を選んでいるのは、予測した帯域が過小であった場合に、キュー長を過小に評価しないためである。有効な申告値que(j-1)を要求受信部で受信する場合、que(j-1)を前記式(A1)又は(A2)に入力して現在の予測キュー長Preque(j)を予測する。

【0214】有効な申告値que(j-1)を要求受信部で受信しない場合には、式(A1)を用いて予測するque(j-1)の代わりにPreque(j-1)を入力して予測する。これは、式(A2)では(Preque(j) ≤ Preque(j+1))となり続け、減少しないため過剰に多くのキュー長を予測し続けることになるからである。有効な申告値que(j-1)を要求受信部で受信しない場合には、que(j-1)をPreque(j-1)

する。また、帯域割当周期の期間（BAP(#j)）で予測した予測帯域は、1周期後の期間（BAP(#j+1)）での予測した割当帯域alloc(j+1)として反映される。

【0210】また、この形態では観測された使用帯域recv.data(j-1)と同等の回線への入力INPUTが帯域割当周期の期間（BAP(#j+1)）にあると想定している。しかしながら、帯域割当周期の期間（BAP(#j)）において、回線間の競合などの理由により割り当てるべきと予測した割当帯域alloc(j)に実割当帯域detem(j)が満たない場合があり、入力帯域の予測が合致しないことがある。

【0211】そこで、この形態では、現在の帯域割当周期（BAP(#j)）で割り当てられずに次の帯域割当周期（BAP(#j+1)）に被割当装置のバッファ内に残留して持ち越されるキュー長を、前の帯域割当周期（BAP(#j-1)）で現在の帯域割当周期（BAP(#j)）に持ち越すキュー長であるところの申告値que(j-1)に、前の帯域割当周期で予測して現在の帯域割当周期（BAP(#j)）で用いられている割当帯域alloc(j)から、現在の帯域割当周期（BAP(#j)）で実際に割り当てる実割当帯域detem(j)を差し引いた値を加え、次のいずれか一方の式を用いて予測キュー長Preque(j)を予測する。

【0212】

で差し替えた式(A1)によるPreque(j)の値が正でなくなった場合（累積値が0になるか）又は所定の数を超過する未使用セル数recv.Idle(j-1)をトラヒック観測部で観測した場合（recv.idle(j-1) > Th.preq）、(Preque(j)=0)とする。

【0215】従って、図31における帯域予測式は次の通りである。

$$\begin{aligned} \text{alloc}(j) &= [\text{recv.data}(j-1)] \times \alpha 1 + \alpha 2 + \beta \times \text{Preque}(j) \\ + \gamma &= [\text{recv.data}(j-1)] \times \alpha 1 + \alpha 2 + \max(\text{buff}, \min(0, \text{que}(j-1) + \text{alloc}(j) - \text{detem}(j))) + \gamma \end{aligned}$$

ここで、α1、α2は予測する直前の帯域割当周期（BAP(#j-1)）での入力帯域を用いて予測する直後の帯域割当周期（BAP(#j+1)）の帯域の割増予測するための比例係数と加算分である。βはキュー長に関わる帯域予測のための比例係数である。変数γは、階段予測の際に所定の帯域P.GUB（例えば保証帯域、最大帯域、保証帯域から固定的に割当を除いた帯域）以下で入力帯域が増加傾向のときに保証帯域などの所定の帯域分の帯域割当を行うために用いている。これらは、線形予測時と階段予測時とで値が異なる。P.MABは回線に許容する最大帯域を意味する。

【0216】 $(\alpha 1, \alpha 2, \gamma)$ は、例えば線形予測では $(1, 0, 0)$ とし、階段予測では $(2, 10, P$ .

(有効な申告値 $que(j-1)$ の取得)かつ $(que(j-1) - Preque(j-1) > Th.sr)$  .  
 . . (A3)

又は

(有効な申告値 $que(j-1)$ の取得無し)かつ $(Preque(j-1) = 0)$ かつ $((recv.idle(j-1)) = 0$ の回数 $(IdleCnt) > Th.nsr)$   
 . . (A4)

上記の場合階段予測： $(\alpha 1, \alpha 2, \beta, \gamma) = (2, 10, 1, P, GUB)$

上記以外線形予測へ遷移 $(\alpha 1, \alpha 2, \beta, \gamma) = (1, 0, 1, 0)$ 又は $(1, 1, 1, 0)$

ここで、

$Th.preq$ ：予測キュー長を0クリアする閾値；2セル程度

$Th.sr$ ：キュー長に関する階段予測する閾値；10セル程度

$Th.nsr$ ：未使用セル数によって階段予測する閾値；3セル程度

である。

【0217】前記式(A3)の条件は、線形予測では予測できないほどのキューが伸びているので階段予測により、迅速な帯域割当を行なうために用いている。式(A4)の条件は、次の理由により用いている。有効な申告を要求受信部により受信している場合に予測値通りの入力がある場合には、未使用セル数が0となるのは理想的な割当状態であるので、線形予測する。有効な申告を要求受信部により受信していない場合は、帯域割当周期(BAP(#j-1))よりも過去の予測した割り当てべき帯域の累積 $(\sum alloc(k) [k=1 \sim j-1])$ 、ここで $[k=1 \sim j-1]$ は添字kが1から(j-1)までの総和を意味する)と、実際に割り当てた実割当帯域の累積 $(\sum detem(k) [k=1 \sim j-1])$ との差が0以外である場合、未割当分がキューとして残っているはずであり、予測されるキュー長である $Preque(j)$ が0になるまでは未使用セル数が0になるのが妥当である。

【0218】従って、 $(Preque(j) > 0)$ である場合は、 $(recv.idle(j) = 0)$ であっても階段予測は行わない。これは、 $(Preque(j) > 0)$ である場合、 $(recv.data(j-1))$ と $(Preque(j))$ 以上の割当がなされていることから階段予測は不要である。

【0219】このような予測の遷移により、理想的な割当予想等の、階段予測すべきではない状況で、誤って階段予測すること無く無駄の少ない帯域割当が実現できる。

(第21の実施の形態)本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法の1つの実施の形態について、図1、図31を参照して説明する。この形態は請求項22、請求項30、請求項34、請求項42に対応する。

【0220】この形態は第20の実施の形態の変形例で

GUB)とする。 $(\alpha 1, \alpha 2, \beta, \gamma)$ の設定値で線形予測と階段予測との遷移条件を以下に示す。

ある。この形態と第20の実施の形態との差異は、実割当帯域 $detem(j)$ の取得方法にある。図31は、この形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。この形態では、請求項22のトラヒック観測手段、帯域要求受信手段、帯域予測手段及び帯域割借手段は、それぞれトラヒック観測部10、帯域要求受信部20、帯域予測部30及び帯域割当部40に相当する。

【0221】図1に示すように、この形態の帯域割当装置はトラヒック観測部10、帯域要求受信部20、帯域予測部30及び帯域割当部40を備えている。帯域割当部40は、帯域予測部30が予測した帯域の大きさ(現時点で必要とされる帯域)に応じて回線毎に帯域を割り当てる。トラヒック観測部10は、回線毎に帯域割当部40が割り当てた帯域及びその回線を実際に流れているトラヒックの量、即ち帯域の使用状況を観測する。

【0222】帯域要求受信部20は、顧客などから入力される回線毎の割当要求帯域の申告値を受信する。帯域予測部30は、トラヒック観測部10の観測により得られた使用帯域の情報及び帯域要求受信部20が受信した割当要求帯域の申告値の少なくとも一方に基づいて現在の割当要求帯域を予測する。帯域予測部30の予測した帯域が、帯域割当部40によって各回線に割り当てられる。

【0223】この形態と第20の実施の形態との違いは帯域予測処理にある。第20の実施の形態では帯域割当部から実割当帯域 $detem(j)$ を取得したが、この形態では、帯域予測部の予測した割当帯域の総和と、帯域割当対象の回線全体に割当可能な帯域とを比較し、超過する帯域を算出することで実割当帯域を予測する。この形態では、帯域割当部の実割当帯域に関する情報を帯域予測部が取得すること無く、割当帯域の予測が可能な効果がある。従って、この形態は特に回線間で帯域割当の優先度が無い場合に適する。

【0224】(第22の実施の形態)本発明の帯域割当装置及び帯域割当方法のもう1つの実施の形態について説明する。この形態は、請求項29、請求項41に対応する。この形態は第2の実施の形態の変形例である。この形態と第2の実施の形態との違いは帯域予測処理にある。

【0225】この形態では、回線に対して定常的に入力する帯域が、帯域割当周期当りのセル数の整数倍になら



ない場合に、無効な帯域割当を軽減し、必要な帯域で割当てるように予測することに特徴がある。そのために、この形態では、帯域割当周期 ( BAP( # j ) ) で直前の帯域割当周期 ( BAP( # j - 1 ) ) よりも過去の帯域割当周期での使用帯域recv.data(j-1)を平滑化した値であ

$$\begin{aligned} \text{ave}(j) &= \text{ave}(j-1) \times \epsilon_1 + (1-\epsilon) \times (\text{recv.data}(j-2) + \text{ave}(j-2) - \text{detem}(j-2)) \quad \cdot \cdot \\ &\cdot (B1) \\ \text{ave}(j) &= \text{ave}(j-1) + \epsilon_2 \times (\text{recv.data}(j-2) - \text{detem}(j) - \text{ave}(j-1)) \quad \cdot \cdot \\ &\cdot (B2) \end{aligned}$$

ここで、 $\epsilon_1$  : 平滑化係数 ; 例えば ( (平滑化したい周期の数 - 1) / (平滑化したい周期の数) )

$\epsilon_2$  : 平均偏差を考慮した平滑化係数 ; 例えば ( (平滑化したい周期の数 - 1) / (平滑化したい周期の数) )

なお、(ave(j-2) - detem(j-2))の項は、実割当帯域detem(j)が予測した割当帯域に満たない場合の補正であるが、有効な帯域要求の申告値として残留キュー長を要求受信部で受信している時は、キュー長の伸び率で置きかえて良い。この平滑化した値は、帯域割当周期毎のセル数に応じた帯域粒度よりも細かい帯域粒度で表される。

【0227】そこで、複数の帯域割当周期での割当帯域alloc(t)の平均値として、平滑化した値に合致させて無効な割当を軽減するために、以下の予測式を用いて平均して予測帯域に合致させる。

$$\begin{aligned} \text{alloc}(j+1) &= [\text{ave}(j-1)] + \text{mod}(\text{ave}(j-1), \text{UNIT}) + \text{ave.rest}(j-1) \times \alpha_1 + \alpha_2 + \beta \times r \\ \text{ave.rest}(j-1) &= \text{ave.rest}(j-2) + \text{recv.data}(j-1) - \text{ave}(j-2) \end{aligned}$$

ここで、

UNIT : 帯域割当周期当り1セルに相当する帯域

ave.rest : ave(j+1)の、帯域割当周期における1セル刻みにならないために割り当てられなかった帯域の累積値  
[A] : Aの整数部分

Mod(A, B) : AをBで割った余りである。

【0228】この予測式は、予測による割当帯域alloc(j)又は実割当帯域detem(j)が入力帯域に満たない場合を除き、(入力帯域=recv.data(j))であると予測できる場合を想定している。Preque(j)が正になるのは、予測による割当帯域alloc(j)又は実割当帯域detem(j)が入力帯域に満たない場合に発生する予測キュー長である。ここで、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ は予測する直前の帯域割当周期 ( BAP( # j - 1 ) ) での入力帯域に対して、予測する直後の帯域割当周期 ( BAP( # j + 1 ) ) の帯域を割増予測するための比例係数と加算分である。 $\beta$ は、キュー長に関わる帯域予測のための比例係数である。変数 $r$ は、階段予測の際に所定の帯域P.GUB (例えば保証帯域、最大帯域、保証帯域から固定的に割当を除いた帯域)以下で入力帯域が増加傾向の時に保証帯域等の所定の帯域分の帯域割当を行なうために用いている。P.MABは回線に対して許容する最大帯域を意味する。

るave(j-1)を算出し、第20の実施の形態の予測式における使用帯域recv.data(j-1)の代わりに用いる。

【0226】ave(j-1)は以下に示すいずれかの式で算出される。

【0229】この形態は、予測時に平滑化した値ave(j-1)を用いる場合とave(j-1)を用いない場合とに別れる。平滑した値ave(j-1)の変動が所定の閾値又は偏差に所定の値を乗じた値以下である場合はave(j-1)を用いて予測を行ない、予想に応じて割り当てた帯域に対する回線への入力帯域との差が、競合等による実割当が不足する場合の(ave(j-2) - detem(j-2))に相当する分を除き、所定の閾値を超えるか又は偏差に所定の値を乗じた値を超過する場合は、ave(j-1)を用いて予測する帯域から入力変動したとしてave(j-1)ではなくrecv.data(j-1)をそのまま用いる。

【0230】即ち、 $-Th.ave < \text{recv.data}(j-1) - \text{ave}(j-1) < Th.ave$

recv.data(j-1)をそのまま用いる状態からave(j-1)を用いる状態には、

$$(-Th.ave \leq \text{recv.data}(j-1) - \text{ave}(j-1) \leq +Th.ave)$$

の条件を所定回数 ( 1 /  $\epsilon$  程度 ) 満たした場合に遷移する。この状態遷移を図32に示す。ここで、Th.aveは平滑した値ave(j-1)と予想値とのずれが満たすべき閾値又は偏差である。

【0231】式(B2)の場合の平滑化した平均偏差に係数を乗じたものの例を次式に示す。

$$\text{平滑化した平均偏差} : D(j) = D(j-1) + h \times (|\text{recv.data}(j) - \text{ave}(j)| - D(j-1))$$

h : 係数

以上述べたように、この形態では、入力が一定である場合に、帯域割当周期に対応するセル数での帯域の粒度に関わりなく無効割当を削減することができる。

【0232】

【発明の効果】以上のように、本発明によればパースト的に変化するトラヒックに対する保証帯域割当の遵守、ONTでのバッファ溢れの抑止、割当遅延によるラウンドトリップタイムの増加の抑止、散発的に帯域を利用する顧客に対する不当に少ない帯域割当の抑止、無効帯域発生抑制などが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態の帯域割当装置の構成を示すブロック図である。

【図2】第1の実施の形態における帯域予測部の動作例



( 1 ) を示すフローチャートである。

【図 3】第 1 の実施の形態における帯域予測部の動作例 ( 2 ) を示すフローチャートである。

【図 4】第 1 の実施の形態における帯域予測部の動作例 ( 3 ) を示すフローチャートである。

【図 5】第 2 の実施の形態の帯域割当装置の構成を示すブロック図である。

【図 6】線形予測部の動作例を示すフローチャートである。

【図 7】第 2 の実施の形態の選択部の動作を示すフローチャートである。

【図 8】第 2 の実施の形態の帯域予測部の状態遷移を示す状態遷移図である。

【図 9】第 2 の実施の形態の動作例 ( 1 ) を示すタイムチャートである。

【図 10】第 2 の実施の形態の動作例 ( 2 ) を示すタイムチャートである。

【図 11】第 3 の実施の形態の線形予測部の動作を示すフローチャートである。

【図 12】第 4 の実施の形態の帯域予測部の構成を示すブロック図である。

【図 13】第 4 の実施の形態の帯域予測部の状態遷移を示す状態遷移図である。

【図 14】第 5 の実施の形態の帯域予測部の構成を示すブロック図である。

【図 15】第 5 の実施の形態の帯域予測部の状態遷移を示す状態遷移図である。

【図 16】第 6 の実施の形態の階段予測部の構成を示すブロック図である。

【図 17】第 7 の実施の形態の線形予測部の構成を示すブロック図である。

【図 18】第 8 の実施の形態の線形予測部の構成を示すブロック図である。

【図 19】第 9 の実施の形態の帯域予測部の状態遷移を示す状態遷移図である。

【図 20】第 10 の実施の形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。

【図 21】第 11 の実施の形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。

【図 22】第 10 の実施の形態の帯域割当装置の構成を

示すブロック図である。

【図 23】第 10 の実施の形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。

【図 24】第 14 の実施の形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。

【図 25】第 15 の実施の形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。

【図 26】第 16 の実施の形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。

【図 27】第 17 の実施の形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。

【図 28】第 18 の実施の形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。

【図 29】第 19 の実施の形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。

【図 30】第 19 の実施の形態における状態遷移を示す状態遷移図である。

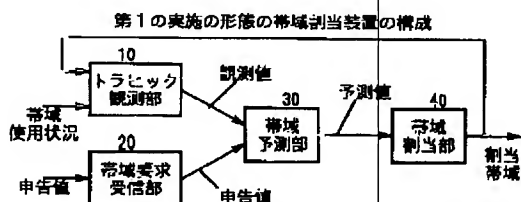
【図 31】第 20 の実施の形態における帯域予測部の動作例を示すフローチャートである。

【図 32】第 22 の実施の形態における状態遷移を示す状態遷移図である。

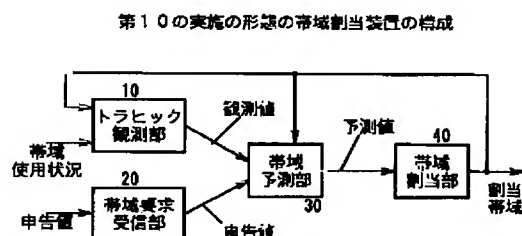
【符号の説明】

- 10    トラヒック観測部
- 20    帯域要求受信部
- 30    帯域予測部
- 31    線形予測部
- 32    階段予測部
- 33    選択部
- 34    予測値超過識別部
- 35    未使用帯域識別部
- 36    全使用識別部
- 37    継続回数識別部
- 40    帯域割当部
- 311    線形比例予測部
- 312    差分予測部
- 313    加算部
- 321    保証帯域以下予測部
- 322    保証帯域以上予測部
- 323    保証帯域割当識別部

【図 1】

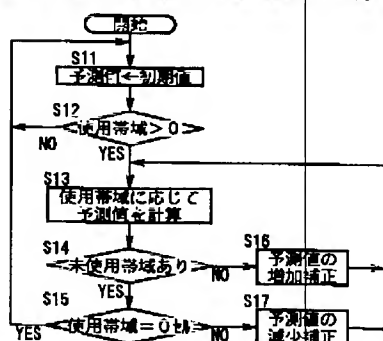


【図 22】



【図2】

第1の実施の形態における帯域予測部の動作例(1)

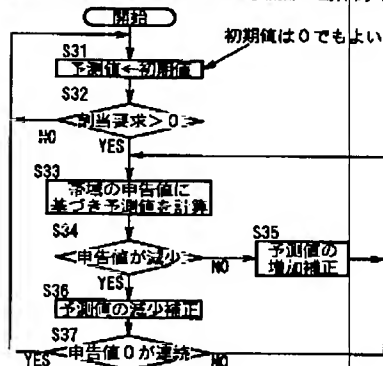


予測値の計算及び補正で適用する演算の具体例

- (1) 使用帯域(申告値×長)に比例した帯域を増減して予測
- (2) 使用帯域(申告値×長)に反比例した帯域を増減して予測
- (3) 一定帯域増加又は減少した帯域で予測
- (4) 長×長の差分に比例した帯域を増減して予測
- (5) 長×長の絶対値を加算して予測
- (6) 使用率に比例した帯域を増減して予測
- (7) 使用率に反比例した帯域を増減して予測

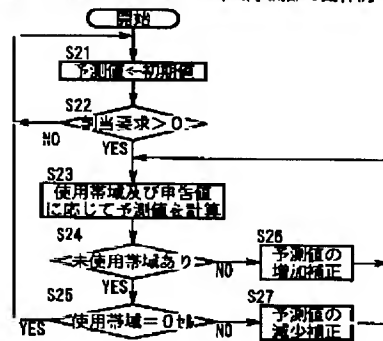
【図4】

第1の実施の形態における帯域予測部の動作例(3)



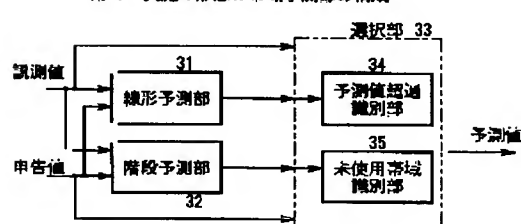
【図3】

第1の実施の形態における帯域予測部の動作例(2)



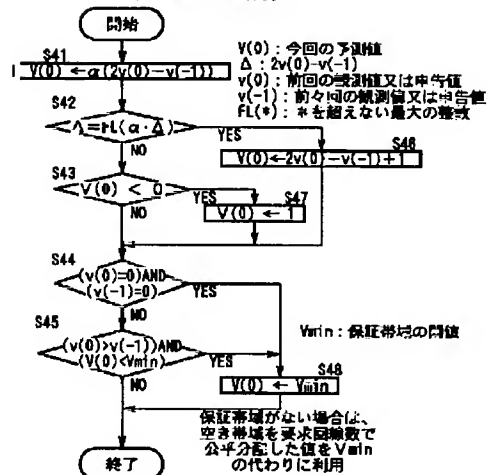
【図5】

第2の実施の形態の帯域予測部の構成



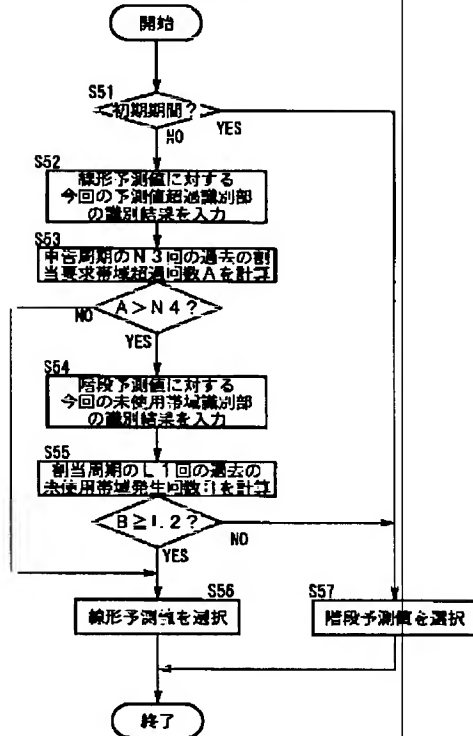
【図6】

線形予測部の動作例



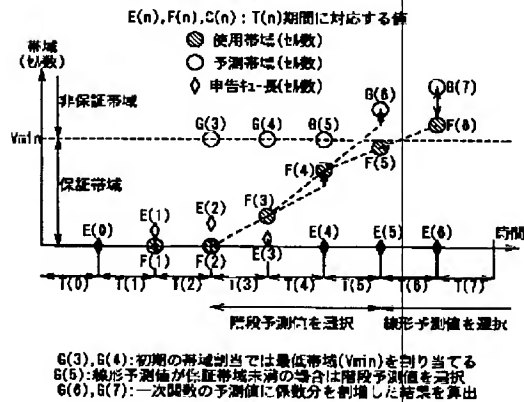
【図7】

第2の実施の形態の選択部の動作



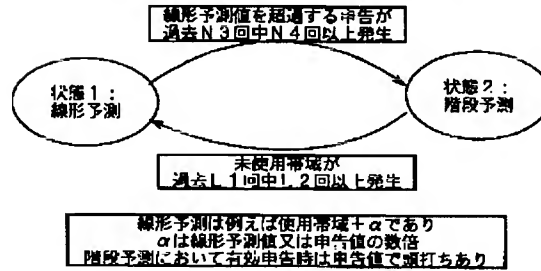
【図9】

第2の実施の形態の動作例(1)



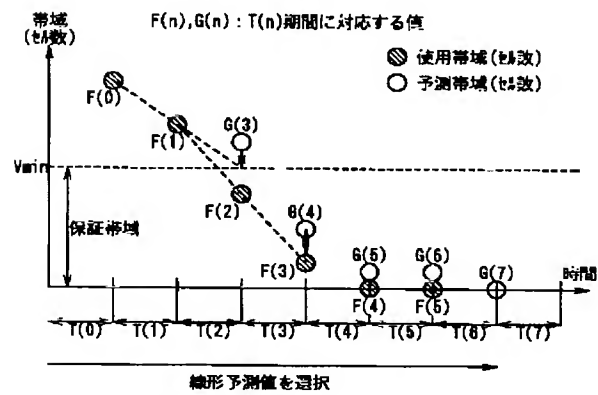
【図8】

第2の実施の形態の帯域予測部の状態遷移



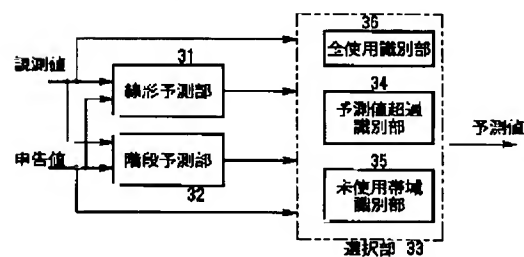
【図10】

第2の実施の形態の動作例(2)

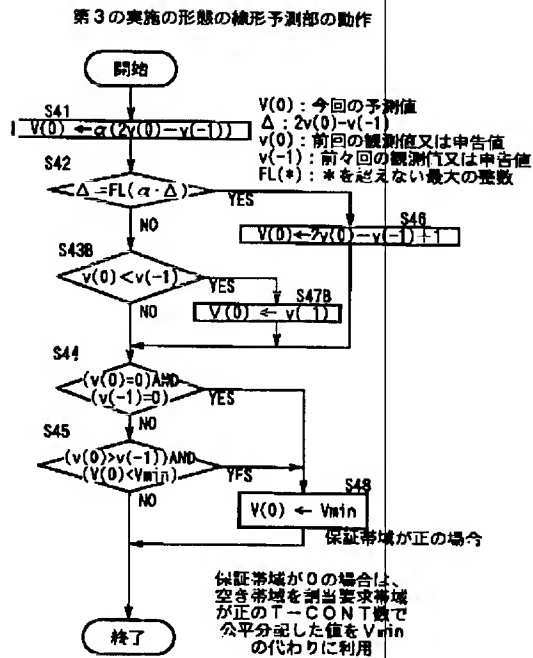


【図12】

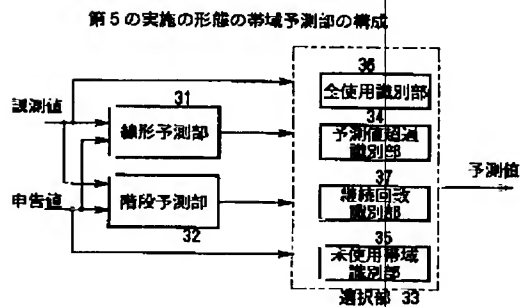
第4の実施の形態の帯域予測部の構成



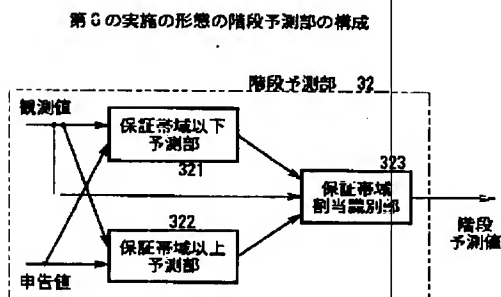
【図11】



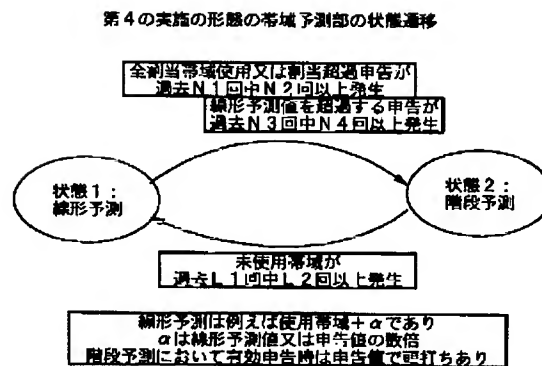
【図14】



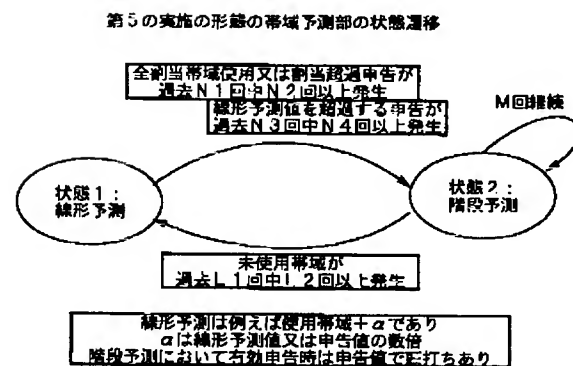
【図16】



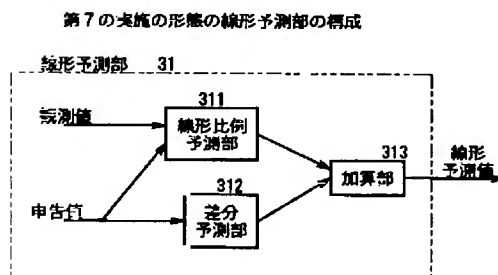
【図13】



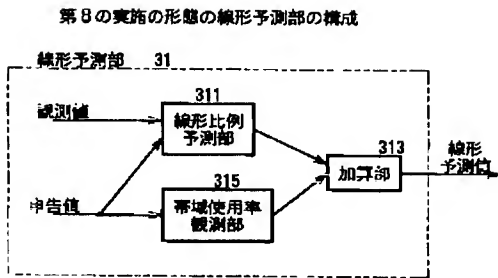
【図15】



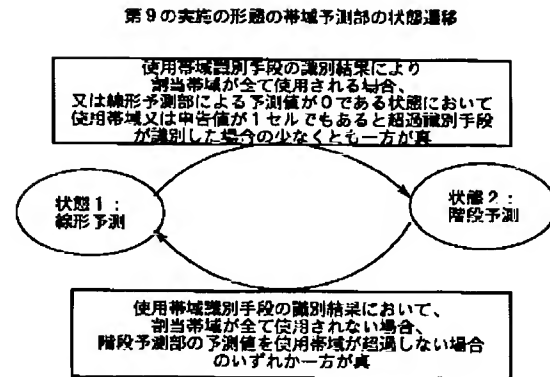
【図17】



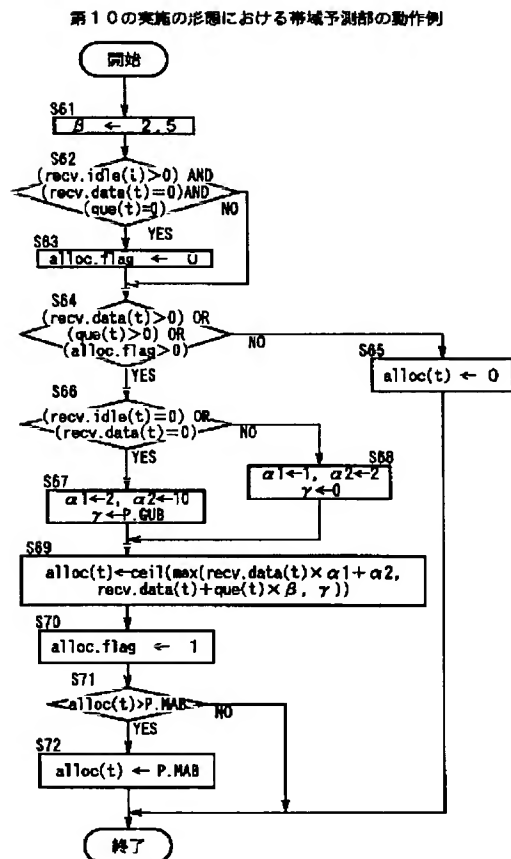
【図18】



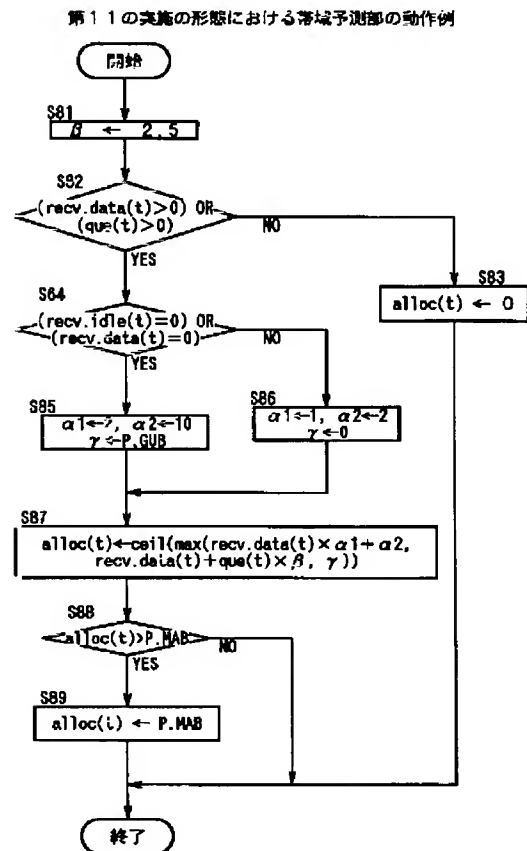
【図19】



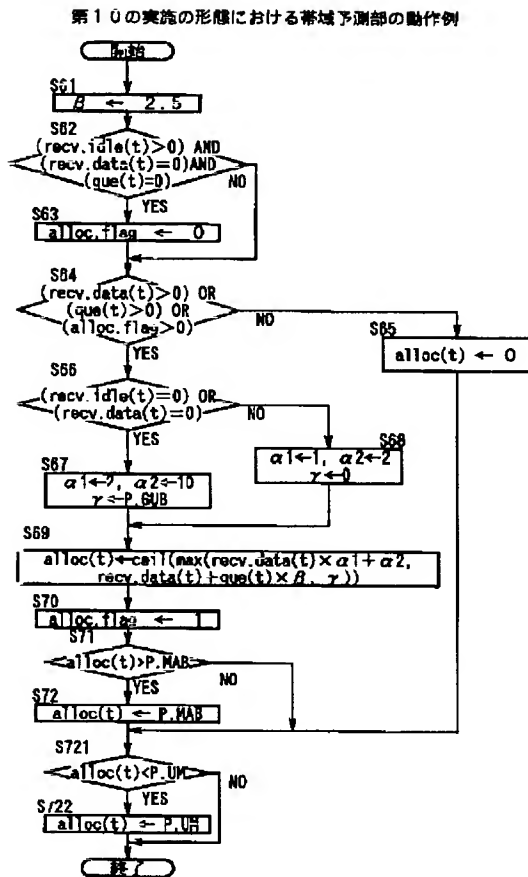
【図20】



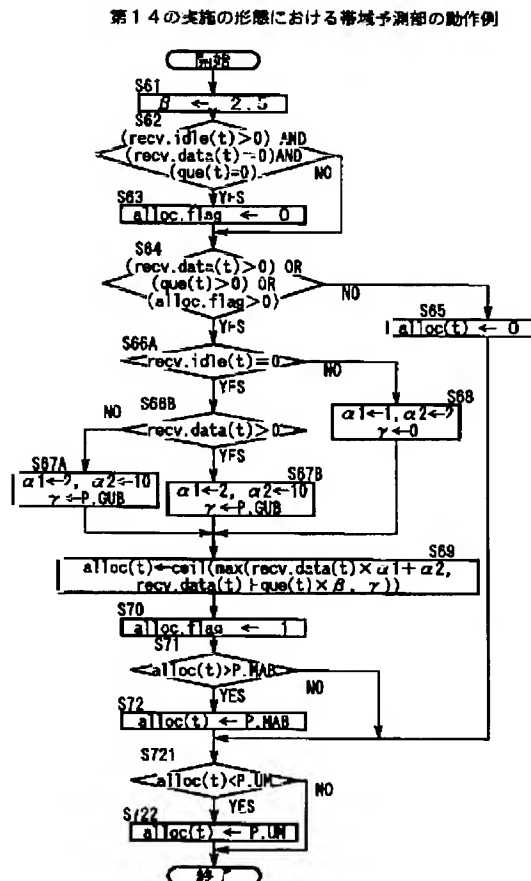
【図21】



【図23】

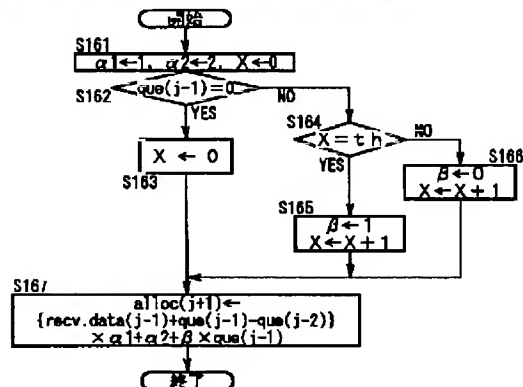


【図24】



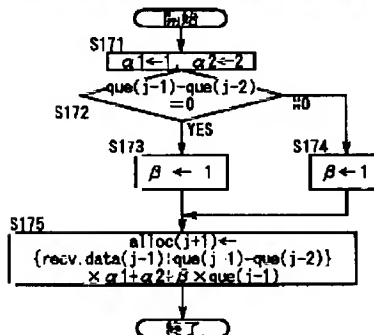
【図26】

第16の実施の形態における帯域予測部の動作例



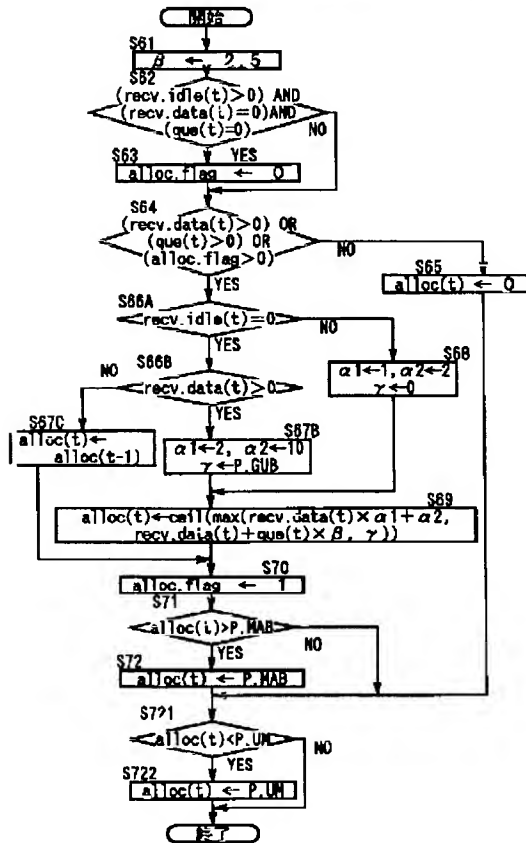
【図27】

第17の実施の形態における帯域予測部の動作例



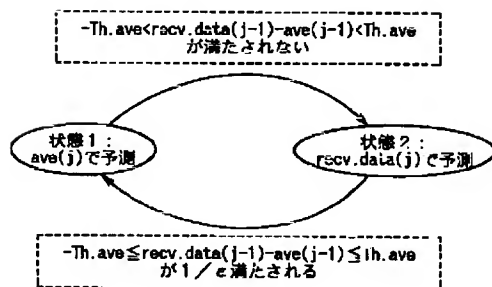
【図25】

第15の実施の形態における帯域予測部の動作例



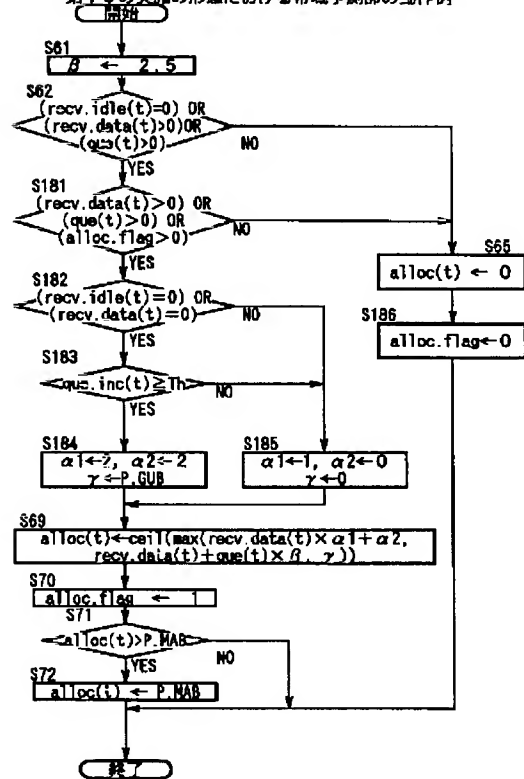
【図32】

第22の実施の形態における主要な遷移条件



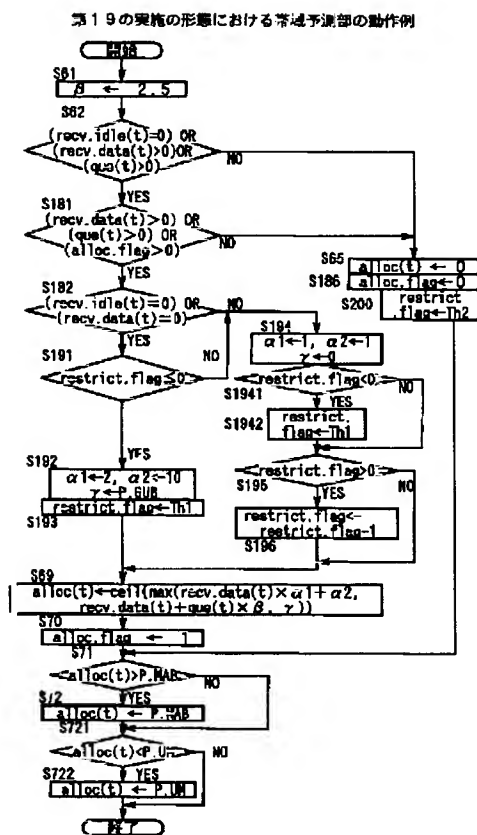
【図28】

第18の実施の形態における帯域予測部の動作例

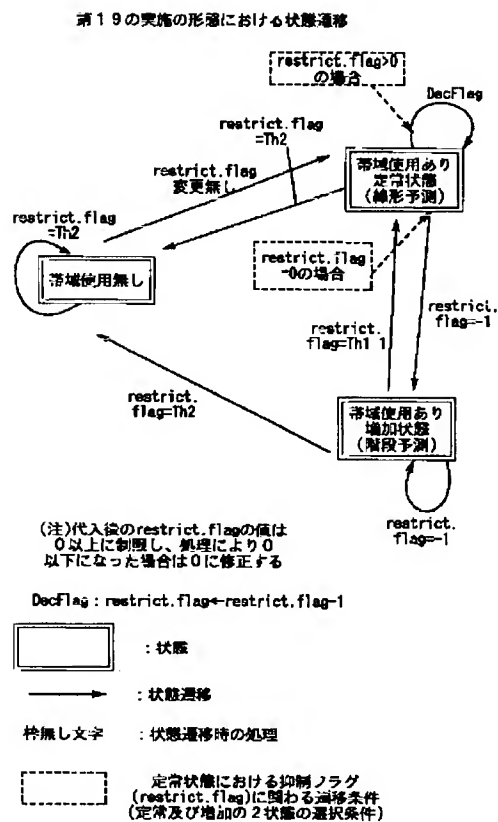




【图29】

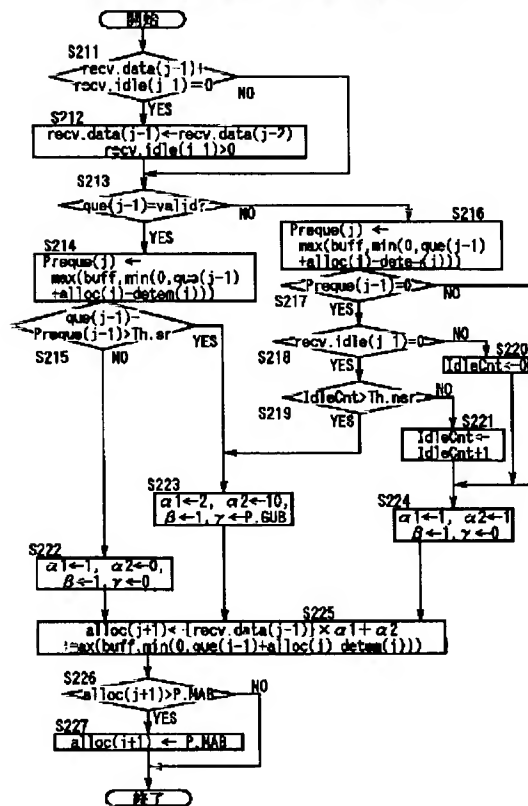


【図30】



【図31】

第2.0の実施の形態における帯域予測部の動作例



フロントページの続き

Fターム(参考) 5K030 HA10 JL03 LC05 LE16 MB09  
 MB15  
 5K051 AA01 BB02 CC02 DD09 DD13  
 DD14 FF02 FF03 FF12